

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Talonrakennusalan suuntautumisvaihtoehto

Sami Kaukiainen

Rakenteiden kuivatuksen toteutus työmaalla

TIIVISTELMÄ

Sami Kaukiainen

Rakenteiden kuivatuksen toteutus työmaalla: 25 sivua. 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Talonrakennusalan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2012

Ohjaaja: Lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö käsittelee rakentamisvaiheen aikaista rakennustyömaalla tapahtuvaa rakenteiden kuivausta. Työn tavoitteena oli perehtyä rakennustyömaan kosteudenhallintaan ja esitellä erilaisia kuivaustapoja.

Rakentamisaikataulut ovat tiukentuneet entisestään, mikä johtaa siihen, että rakenteet eivät ehdi kuivua tavoitekosteustilaansa normaaliolosuhteissa ilman erityistoimia. Työssä perehdytään erilaisten rakennuskuivaajien toimintaan ja käyttöön unohtamatta kaikkein merkittävintä asiaa kuivauksessa, lämmitystä. Työssä käydään läpi myös muuta rakentamisen aikaista kosteudenhallintaa, kuten sääsuojasta, materiaalien suojasta ja materiaalivalintoja.

Opinnäytetyönä on tehty yksinkertainen käytännön ohjeistus rakennustyömaalle kosteudenhallintaan. Opinnäytetyötä voidaan käyttää opetusmateriaalina eri oppilaitoksissa.

Asiasanat: kuivaus, kosteus, suojaus

ABSTRACT

Sami Kaukiainen

Construction Drying on Site: 25 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Program in Construction Management

Bachelor's Thesis 2012

Instructor: Senior lecturer Timo Lehtoviita, SCP

This thesis discusses the implementation of construction drying on construction sites. The purpose of the thesis was to examine how moisture control is implemented on construction sites and to present different methods of construction drying.

With construction schedules becoming tighter, construction drying is essential in achieving the target moisture content of building materials. The thesis examines how different construction dryers work, as well as, discusses the most important aspect of construction drying, heating. Other methods of moisture control are also discussed, such as choice and protection of materials, as well as weather protection.

The thesis provides a simple guide for moisture control on construction sites. It can be used as educational material in various educational institutions.

Keywords: drying, moisture, protection

Sisällys

1 Johdanto	5
2 Suunnittelu	6
2.1 Rakennussuunnittelu	6
2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma	6
2.3 Aikataulusuunnittelu	7
3 Säältä suojaaminen	9
4 Kuivattaminen	10
4.1 Tilakuivaus	11
4.2 Eristetilakuivaus	12
4.3 Ilmankuivainten kosteudenpoisto	13
4.3.1 Adsorptiokuivain	14
4.3.2 Kondenssikuivain	15
4.4 Muut kuivausmenetelmät	17
4.5 Ilman liikkuminen tilassa	18
4.6 Lämmittäminen	19
4.7 Olosuhteiden seuranta	19
5 Rakennusyritysten käytännöt kuivauksessa	20
6 Päätelmät	22
Kuvat	23
Lähteet	24
Liitteet	
Liite 1. Kosteudenhallintavälineitä	
Liite 2. Ohjeita kosteudenhallintasuunnitelman laadintaan	
Liite 3. Kosteudenhallintasuunnitelma esimerkki	

1 Johdanto

Opinnäytetyöni valikoitui rakennusfysiikan kurssilla pitämäni esitelmän pohjalta. Esitelmä käsitteli rakennuskuivaajia ja erilaisia kuivaustapoja. Rakentamisen yhteydessä tapahtuva kuivaaminen on noussut nykyisin yhä suurempaan rooliin. Aikaisemmin rakentamisessa oli varattu riittävästi aikaa rakenteiden kuivumiselle ja yleensä rakentaminen tapahtui hyvinä vuoden aikoina talvella, keväällä ja kesällä. Silloin rakenteet kuivuivat pelkästään ajan ja lämmön vaikutuksesta. Nykyään rakentaminen on ympärivuotista ja joudutaan rakentamaan säällä kuin säällä aikataulujen niin pakottaessa. Aikataulujen tiukkuus onkin vähentänyt merkittävästi rakenteille varattua kuivumisaikaa, lisäksi rakennetaan epäedullisissa sääolosuhteissa kuten kosteana syksynä. Tämän takia tarvitaan tehokasta suljettua koneellista tilakuivatusta rakenteiden kuivattamiseksi lyhyessä ajassa. Lisäksi kosteudesta johtuva homeongelmien kasvava esiintyminen vaatii tarkkaa paneutumista rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintaan. Opinnäytetyössä perehdytään rakennustyömaalla tapahtuvaan kosteudenhallintaan ja esitellään eri kuivaustapoja ja erilaisia rakennuskuivaimia.

Suomessa rakentamisen kannalta kostea-aika ajoittuu kesäkuun puolesta välistä aina alkutalveen, nykyisin yleensä joulukuun loppuun. Sääolosuhteet on otettava huomioon; Suomessa keskimäärin 100 päivänä vuodessa sataa yli 1 mm. Suomen Rakentamismääräyskokoelman C2 julkaisussa annetaan ohjeet kosteudenhallintaan ja Maankäyttö- ja rakennuslakikin velvoittaa sitä noudattamaan. Ympäristöministeriöllä on tällä hetkellä meneillään asiaan liittyvä kampanja "Kosteus- ja hometalkoot" kosteusvaurioista johtuvien sisäilmaongelmien vuoksi. Kosteudenhallinta vaatiikin huolellista ennakkosuunnittelua ja varautumista.

Opinnäytetyön tietolähteenä on käytetty kosteudenhallintaan erikoistuneiden yritysten ja rakennusalan eri järjestöiden julkaisuja. Näistä materiaaleista on tehty lainauksia ja referointeja. Myös aikaisempia opinnäytetöitä on käytetty esimerkkinä. Yhteistyö Cramo Finlandin kanssa auttoi perehtymään käytettävissä olevaan kuivauskalustoon ja muuhun Cramon tietotaitoon. Yhteistyössä Cramon kanssa on tehty kosteusmittauksia ja tutustuttu eri työmaihin.

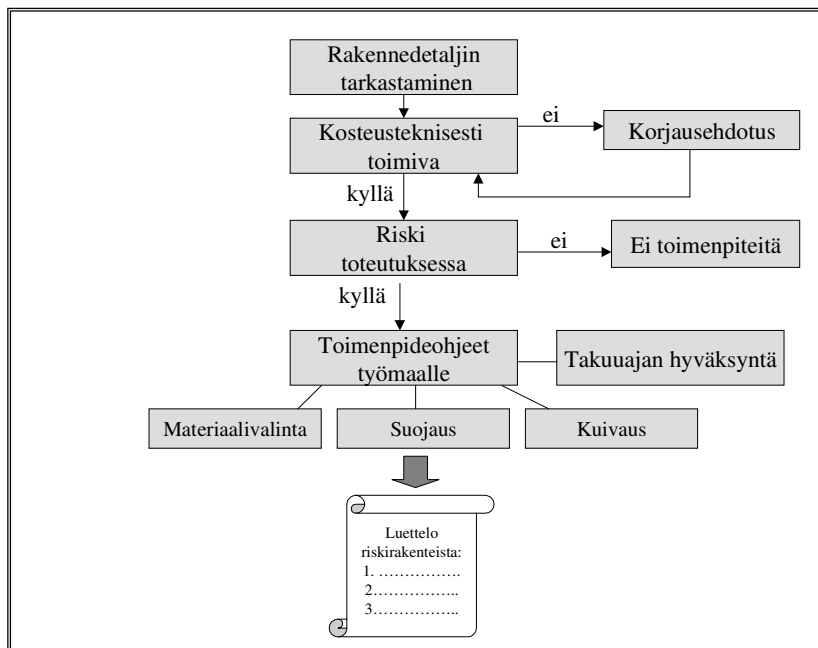
2 Suunnittelu

2.1 Rakennussuunnittelu

Oikeanlainen kosteudenhallinta alkaa jo arkkitehdin pöydältä: suunnittelussa tulisi välttää erikoisia ennestään tuntemattomia riskirakenteita. Rakennesuunnittelijan tulisi jatkaa tällä samalla linjalla ja pitäytyä tunnetuissa hyväksi havaituissa rakenteissa. Jos halutaan erikoisempia ratkaisuja, tulisi näihin sitten perehtyä tarkemmin niin suunnittelussa kuin itse rakentamisessa, ettei myöhemmin tulisi kosteusteknisiä ongelmia. Rakenneratkaisujen tulisi olla sellaisia, että liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin estyy. Suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin otettava huomioon myös ylimääräisen kosteuden poistumistiet ja rakenteiden kuivattamismahdollisuus. Rakennusmateriaaleihin tulisi kiinnittää enemmän huomiota ja suunnitella ne kosteutta kestävästä turvallisista ja tunnetuista tuotteista. Pieniinkin yksityiskohtiin tulisi paneutua – esimerkiksi betonilattioiden pinnoituksessa käytettävään liimaan ja sen reagointiin kosteuden kanssa. (RKL:n jäsenlehti 1/2012, s. 12.)

2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty ja varmistaa rakenteiden kuivuminen tavoitekosteustilaansa ilman aika-tilaviivytyksiä. Oikeanlaisella kosteudenhallinnalla voidaan myös vähentää rakenteiden kuivatustarvetta ja materiaalihukkaa. Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla kosteudenhallinnalla saadaan selvää säästöä rakennuskustannuksissa. Rakennuskohteesta tehdään kirjallinen kosteudenhallintasuunnitelma, jonka tulisi käsittää ainakin kosteusriskien kartoittaminen (kuva 1.), rakenteiden kuivumisaika-arviot, työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu, kosteusmittaus-suunnitelma ja organisointi sekä seurannan ja valvonnan järjestäminen. Kosteudenhallintasuunnitelma esimerkki on esitetty liitteessä 3. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 95–104.)



Kuva 1. Rakennustyömaan kosteusriskit kartoitetaan mm. tarkastamalla kohteen rakennedetaljit (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 98.)

2.3 Aikataulusuunnittelu

Aikataulusuunnittelussa lyhyemmissä töissä tulisi ottaa huomioon rakentamisen vuodenaika ja pidemmissä töissä rakentamisen aloitusvuodenaika ja rakennusvaiheiden eteneminen. Käytettävät rakennusmateriaalit ja niiden kuivuminen pitää selvittää tarkasti.

Alustavaa yleisaikataulua laadittaessa on varattava riittävästi aikaa rakenteiden kuivumiselle rakennuskosteudesta. Rakennuskosteuden lähteitä ovat rakennusmateriaalin valmistamiseen käytetty vesi, rakennusaikaiset vesi- ja lumisaatteet sekä työmaalla tapahtuva vedenkäyttö. Eri rakenteet ja rakennekerrokset vaativat hyvin erilaisia kuivamisaikoja. Tulevien pinnoitusmateriaalien kosteussietokyky ja läpäisevyys vaikuttavat kuivumisaikoihin. Rakenteista laaditaan kuivumisaika-arviot, joissa pyritään ottamaan huomioon jo mahdollinen vuodenaika. (Merikallio 2003; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 68)

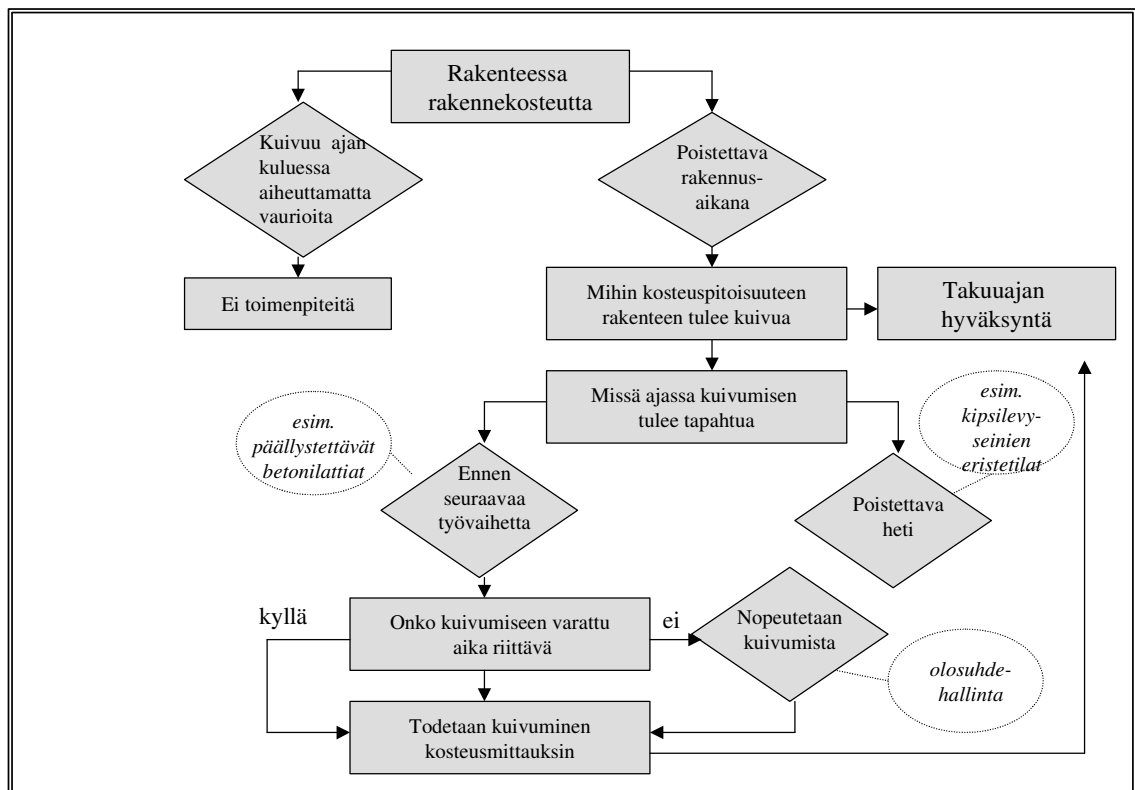
Rakennusmateriaaleista kuivatuksen kannalta merkittävämpiä ovat betoni ja betonituotteet. Betonirakenteet pitäisi pystyä säilyttämään valamisen jälkeen mahdollisimman kuivina. Betonin iällä on suuri vaikutus betonin vedenimuky-

kyyn. Mitä myöhemmässä vaiheessa betonirakenne kastuu, sitä enemmän betoni imee itseensä vettä ja sitä hitaammin tämä kosteus poistuu. Betonin vedenimuun vaikuttaa myös betonilaatu. Betoni on sitä tiiviimpää, mitä alhaisempi sen vesisementtisuhde on. Muutenkin betonin ominaisuudet kuten kiviaineksen raekoko ja muoto vaikuttavat kuivumiseen huomattavasti. Kun arvioidaan betonirakenteiden kuivumisaikaa, huomioitavia tekijöitä ovat rakenneratkaisu, kuten:

- Rakenteen paksuus.
- Haihtumispinta-ala, eli kuivuuko rakenne yhteen vai kahteen suuntaan.
- Mikä on käytetyn betonilaadun vesisementtisuhde, maksimiraekoko, notkeus ja mahdollinen lisäaineistus?
- Mitkä ovat vallitsevat kuivumisolosuhteet, esimerkiksi lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja onko rakenne mahdollisesti päässyt kastumaan?
- Mihin tavoitekosteuksen betoni on kuivuttava, mikä on päällystysmateriaalin kosteudensietokyky ja kosteuden läpäisevyys.

On myös huomioitava, että sementtipohjaiset tasoitteet tuovat lisäkosteutta ja vaikeuttavat rakenteen kuivumista tiivistämällä rakenteen pintaa. (Merikallio 2003, s. 23.)

Laskettuja kuivumisaika-arvioita verrataan suunniteltuun toteutusaikatauluun. Yleisaikataulusta saadaan yleensä riittävällä tarkkuudella laskettua, paljonko rakenteelle jää kuivumisaikaa ennen päällystystyöhön ryhtymistä. Kuivumisen katsotaan alkavan siitä, kun lisäkosteutta ei pääse enää rakenteeseen ja kohteessa on lämpöä vähintään 10 °C. Jos rakenteiden arvioitu kuivumisaika menee aikataulun mukaan pitkäksi, valitaan menettelytavat aikataulussa pysymiseksi. Ensimmäiseksi selvitetään, kuinka paljon olosuhdehallinnalla eli kuivatamisella voidaan lyhentää kuivumisaikaa (kuva 2.) Jos kuivumisaika ei edelleenkään riitä, joudutaan muuttamaan betonilaatua nopeammin kuivuvaan. Myös päällystysmateriaalin vaihto kosteudensietokyvyltään parempaan tai paremmin kosteutta läpäisevään materiaaliin tulee usein kysymykseen. (Merikallio 2003, s. 23.)



Kuva 2. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointi (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 100.)

3 Säältä suojaaminen

Rakenteet tulisi suojata säältä, jos ei koko rakennusta pysty tekemään teltassa eli sääsuojassa kuten kuvassa 3. Suojaus pitää edellyttää jo rakennuttajan taholta ja sisällyttää se tarjouspyyntöön, jotta kaikki tarjousten jättäjät olisivat samalla viivalla. Sääsuojiin käyttö onkin selvästi lisääntymään päin, mutta sitä ei vielä sisällytetä tarjoukseen kuin pyydettyäessä. Sääsuoja lisää merkittävästi rakentamiskustannuksia ja hidastaa jonkin verran rakentamista. Siitä saadut hyödyt kuitenkin maksavat itsensä takaisin pitkällä aikavälillä, ainakin sateisina kesinä ja syksyinä. (RKL:n jäsenlehti 1/2012, s. 12.)



Kuva 3. Keskikokoisen rakennuksen sääsuoja (Cramo OY 2012.)

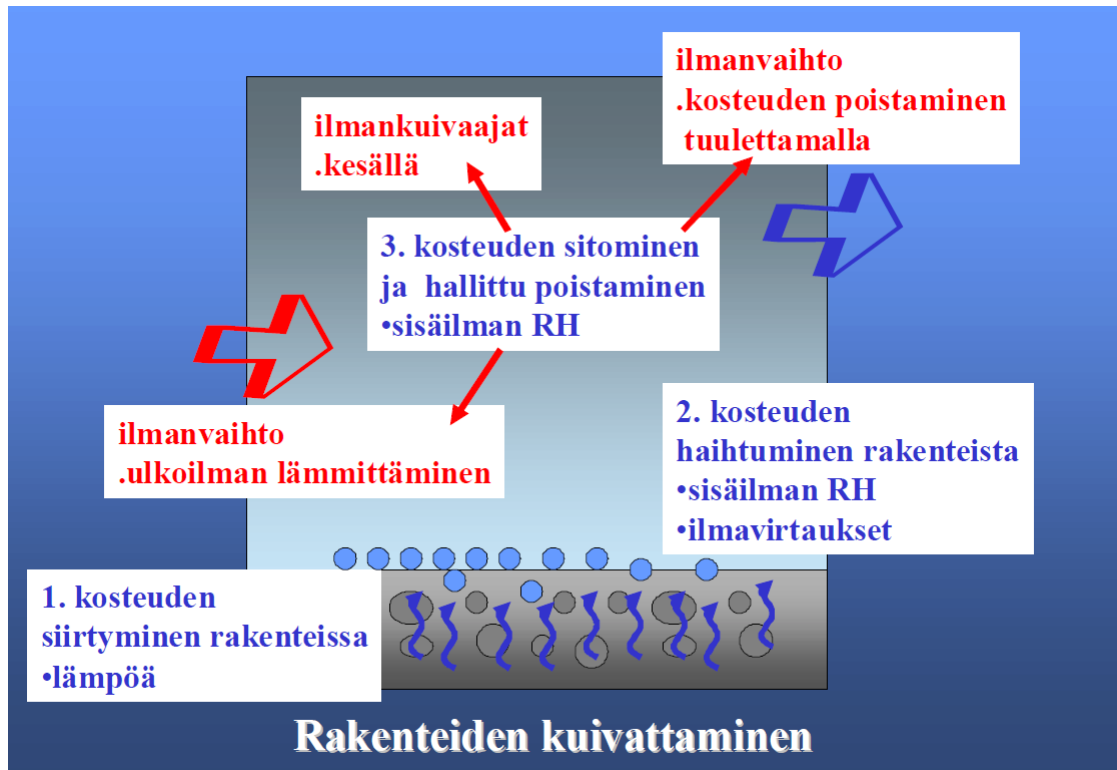
Rakennusmateriaalit tulisi suojata kunnolla, sillä niiden omat pakkausmuovit eivät anna riittävää suojaa säätä vastaan. Rakennusmateriaalit tulisi säilyttää riittävästi irti maasta, esimerkiksi trukkilavojen päällä.

4 Kuivattaminen

Kuivattamisen tavoitteena on rakennekosteuden mahdollisimman tehokas ja hallittu poistaminen. Tämä tapahtuu parhaiten luomalla kuivumiselle mahdollisimman hyvät olosuhteet. Lämpötilalla ja ilman suhteellisella kosteudella on suurin merkitys kosteuden poistumiselle rakenteista. Lämpötilan tulisi olla kuivatuksen aikana vähintään $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ilman suhteellisen kosteuden eli RH:n noin 50 % tai vähemmän. Jos RH on tätä suurempi, kuivuminen hidastuu ja RH:n ollessa yli 80 % rakenne alkaa kostua. (Cramo 2012; Merikallio 2003, s. 28.)

"Rakenteiden kuivattamisessa on oleellista saada rakenteiden sisällä oleva kosteus kulkeutumaan rakenteen pintaan, mistä se siirtyy ympäröivään ilmaan ja sieltä tarvittaessa edelleen ilmanvaihdon mukana ulos". (Merikallio 2003, s. 23.), (Kuva 4.)

Tammikuusta kesäkuun puoliväliin, suhteellisen kosteuden suuruutta pystytään säätämään lämpötilan ja ilmanvaihdon avulla (avoin kuivaus). Loppukesästä pakkasten alkuun se ei useinkaan enää riitä vaan avuksi tarvitaan koneellisia tilakuivaimia (suljettu kuivaus). (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 105; Cramo OY 2012.)



Kuva 4. Kosteuden poistuminen rakenteista (Merikallio 2003, s. 23.)

4.1 Tilakuivaus

Tilakuivaus on suljettu kuivaus menetelmä. Tilakuivaukseksi sanotaan prosessia, jossa pääosin koneellisia kuivainlaitteita ja tarvittaessa lisälaitteita kuten lämmittimiä tai ilmansiirotimiä hyväksikäyttäen madalletaan merkittävästi kuivatavan tilan tai rakennuksen ilman suhteellista kosteutta. Tällöin ympäröivät rakenteet pyrkivät tasapainokosteuteen vallitsevan ilmassan kanssa, jonka johdosta rakenteet luovuttavat kosteutta kuivattavaan tilaan. Rakenteiden luovuttaessa kosteutta kuivempaan ilmaan kuivauslaitteet poistavat jatkuvasti vapautuvaa kosteutta tilasta. Jotta rakenteet voivat luovuttaa kosteutta, tulee huomioida, että kaikki sulkevat pinnat estävät kosteuden luopumista tilaan.

Esimerkiksi valubetonien pintojen tulee olla hengittävät eli betoniliima tulee olla poistettu kokonaan hiertämällä tai hiomalla. (Liite 1. Kuva 8.), (Gles OY 2012, s. 1.)

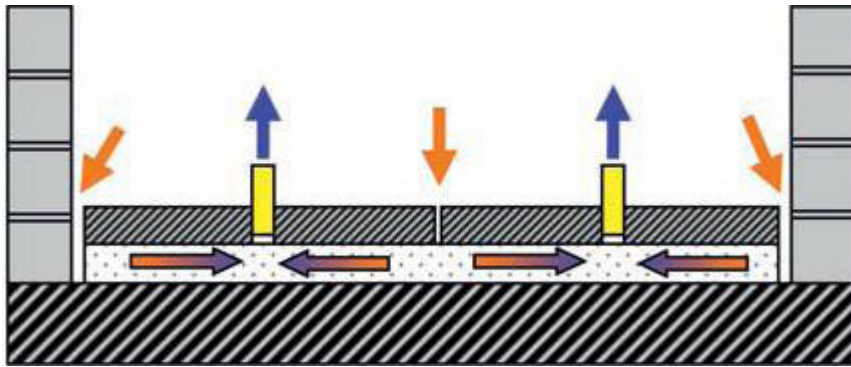
Erittäin suuri merkitys suljetun tilakuivauksen onnistumiselle on kuivattavan tilan tiiveys suhteessa ulkoilmaan tai muuhun tilaan, jossa kuivaustarvetta ei ole. Tällöin tilaan pääsee kuivattavaksi halutun alueen ulkopuolelta jatkuvasti kosteaa ilmaa. Kuivainlaitteet erottelevat kosteutta tehokkaasti, mutta ulkoapäin jatkuvasti tuleva kosteus pitää vallitsevaa ilmankosteutta koko ajan korkealla tasolla, jolloin kuivamista ei tapahdu. Kuivattavan tilan tiiveyden puute johtuu yleensä avonaisista ovi ja ikkuna-aukoista tai muista avonaisista läpivienneistä, joista kulkeutuu kosteaa ilmaa kuivattavaan tilaan. Suurempia kokonaisuuksia kuivattaessa tilat osastoidaan ja kuivataan osasto kerrallaan. Osastot eristetään huolellisesti toisistaan ja muista tiloista. Eristetyssä osastossa voidaan nostaa lämpötilaa lähelle 30 °C kuivattamisen tehostamiseksi. (Liite 1. Kuva 17.), (Gles OY 2012, s. 2.)

4.2 Eristetilakuivaus

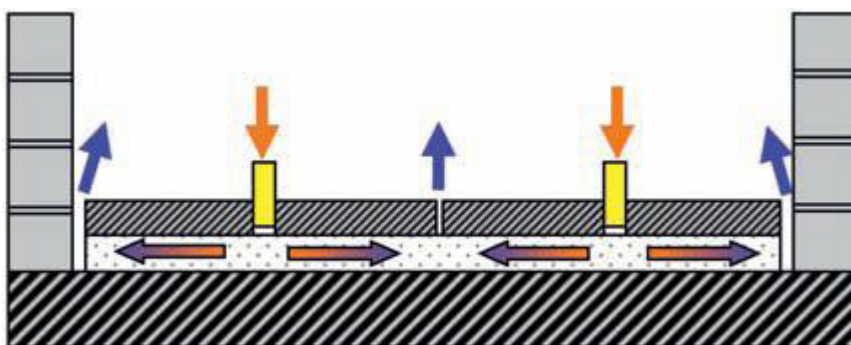
Eristetilallisten kuten lämpöeristettyjen betonisandwichelementtien ja äänieristettyjen betonilattioiden kuivaus tapahtuu niin sanottuna pillikuivauksena eli eristetilakuivauksena. Tämä toteutetaan korkeapainepuhaltimella eli turbiinilla, jolla kuivaus voidaan suorittaa suljettuna imu- tai puhalluskuivauksena. Jos eristetilassa on irtovettä, kuivaus suoritetaan imemällä käyttämällä järjestelmässä vedenerottajaa. Imukuivauksessa kostea poistoilma voidaan johtaa hallitusti putkea pitkin ulos. (Periaate esitetty kuvassa 5.) Puhalluskuivaus on tehokkaampaa etenkin, jos käytetään jo kuivattua ilmaa puhalluksessa. Puhalluskuivauksen haittapuolena on kuivausilman hallitsematon poispurkautuminen rakenteesta etenkin sisätiloissa. (Periaate esitetty kuvassa 6.) Kuivausta varten yleensä porataan pintabetonin läpi eristetilaan 35–50 mm reiät. Eräänlainen nyrkkisääntö on noin 1 reikä/ m². Reikiin asennetaan muoviset imuputket, jotka liitetään runkolinjaan. Runkolinja puolestaan liitetään korkeapainepuhaltimen imupuolelle ja painepuolelta ilma johdetaan ulos. (Liite 1. Kuva 18.), (Cramo OY 2012; A. Seppälä TQ OY 2012.)

Eristetilan tulee saada kuivaa korvausilmaa. Tätä varten joudutaan yleensä poraamaan reikiä myös imun vastaiselle puolelle. Korvausilmaa voi tulla vaihtoehtoisesti myös rakenteen saumoista, jolloin ei erillisiä ilmareikiä välttämättä tarvita. Tilan, josta korvausilmaa otetaan, pitää sisältää kuivaa ilmaa. Tilassa käytetäänkin yleensä erillisiä tilakuivaimia. Uusinta tekniikkaa imu- tai puhalluskuivauksessa ovat kombikuivaimet, joissa on samassa yhteydessä turbiinin kanssa adsorptiokuivain. (Cramo OY 2012; A. Seppälä TQ OY 2012, s. 12.)

Ontelolaattojen onteloidenkuivaus toteutetaan imu/puhalluskuivauksena. Ontelolaattojen molempiin päihin onteloiden kohdalle porataan reiät. Toiseen päähän laitetaan imu ja toisesta päästä virtaa onteloihin kuivaa korvausilmaa. (Cramo OY 2012.)



Kuva 5. Eristetilan imukuivaus (A. Seppälä TQ OY 2012, s. 12.)



Kuva 6. Eristetilan painekuivaus (A. Seppälä TQ OY 2012, s. 12.)

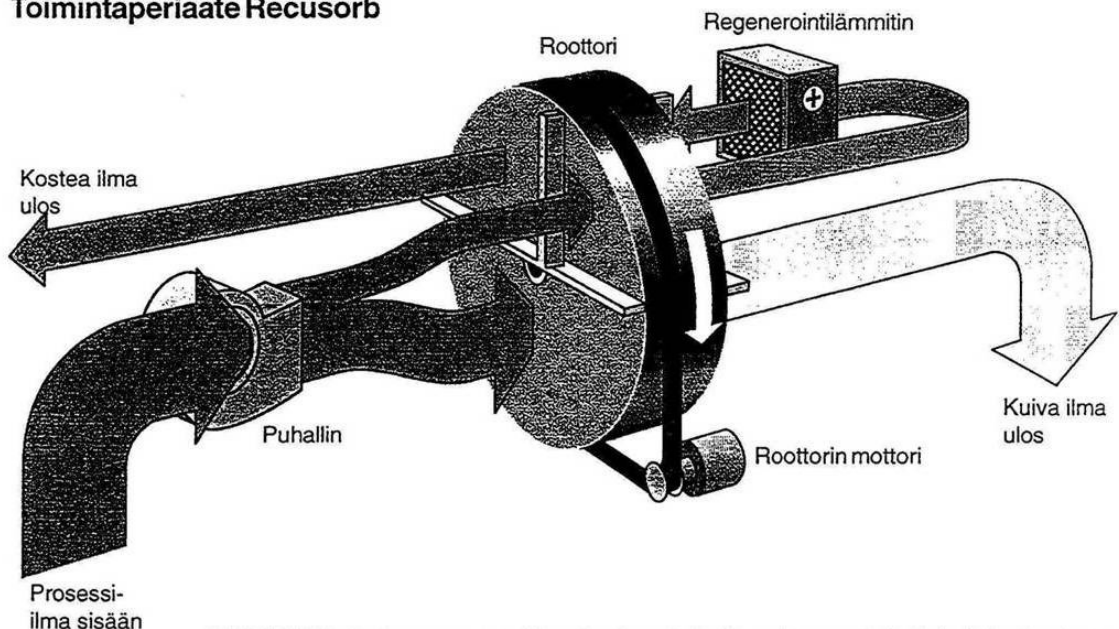
4.3 Ilmankuivainten kosteudenpoisto

Ilmankuivaimet erottelevat kosteuden läpi kierrätettävästä ilmasta. Kuivaimia on kahta tyyppiä, kondensaatiokuivain ja adsorptiokuivain.

4.3.1 Adsorptiokuivain

Adsorptiokuivain erottelee ilmasta kosteuden pyörivään silikageelikennoon, josta kosteus puhalletaan vesihöyrynä poistoputkea pitkin ulos. Tyypillisin virhe adsorptiokuivaimen kosteudenpoistossa on poistoputken päänsijoittaminen avoimeen ikkunaan ilman ikkunan avoimenosan suojausta levyllä tiiviiksi ja viemällä putkea ulos vain putken kokoisesta aukosta. Kun ikkunaa ei ole tulpatu, tulee ikkunasta jatkuvasti sisätilaan kosteaa ulkoilmaa. Poistoputken päänsijoittaminen ilmastointikanavaan ei ole myöskään suositeltavaa. Laitekapasiteetin kuivattavaan tilaan nähden tulee olla myös riittävä. (Liite 1. Kuva 11.), (Gles OY 2012, s. 2.)

Toimintaperiaate Recusorb



Kuva 7. Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate, kolmiaukkoainen malli. (Kryotherm OY 2011.)

"Ilma virtaa roottorin läpi eri alueiden kautta. Kuivatusalueella ilmasta poistettava kosteus johdetaan hitaasti pyörivän roottorin läpi regenerointialueelle, missä kosteutta sitova materiaali lämmitetään. Tällöin adsorboitu kosteus höyrystyy ja se johdetaan roottorista pois ja edelleen putkea pitkin ulos." (Toimintaperiaate esitetty kuvassa 7.) "Sorbtiomateriaali on nyt regeneroitu (elvytetty), mutta tehokasta adsorptiota ei tapahdu ennen kuin roottorimateriaali jäähtyy. DST-Recusorb kuivaimessa on jäähdytysalue regenerointi- ja kuivausalueen välissä. Tämän alueen kautta kulkee ilma, jota myöhemmin käytetään regenerointiin. Tällöin ilma kuivuu ja lämpenee, mikä osin nostaa kuivaimen tehoa." (Kryotherm OY 2011, s. 3.)

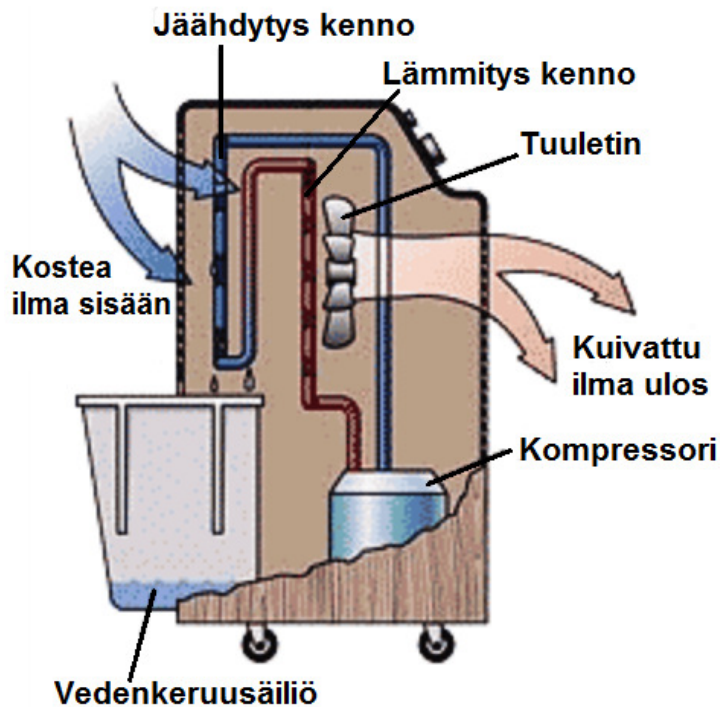
Adsorptiokuivaimia on neliaukkoista ja kolmiaukkoista mallia, mikä tarkoittaa ilmaliitäntöjen määrää. Neliaukkoisessa on erillinen regenerointi-ilman liitäntä, kun kolmiaukkoinen ottaa osan sisään tulevasta prosessi-ilmasta regenerointiin. (Liite 1. Kuvat 12. ja 13.), (Polygon 2012.)

Käytettäessä kuivaukseen kuivattavan tilan sisäilmaa aiheuttaa kolmiaukkoinen malli alipaineen tilaan, kun osa prosessi-ilmasta käytetään regenerointiin ja puhalletaan kosteana ilmaa ulos. Alipaine imee kosteaa ilmaa kuivattavaan tilaan ulkopuolelta, mikä hidastaa kuivausta. Tämä voidaan ehkäistä laittamalla yksi kuivain ottamaan prosessi-ilmaa kuivattavan tilan ulkopuolelta tai laittamalla kuivain kokonaan tilan ulkopuolelle ja johtamalla kuivattua ilmaa putkella kuivattavaan tilaan. Neliaukkoisessa mallissa tämä voidaan hoitaa johtamalla regenerointi-ilma putkella kuivattavan tilan ulkopuolelta. (Polygon 2012.)

4.3.2 Kondenssikuivain

Kondenssikuivain erottelee ilmasta kosteuden vedeksi, joka johdetaan poistotiekua pitkin joko säiliöön tai suoraan viemäriin. Kondenssikuivainta käytettäessä kuivattavan tilan lämpötilan tulee olla riittävän sopiva tehokkaaseen kuivaukseen, noin + 20–30 °C. Myös laitekapasiteetin tulee olla mitoitettu oikein. Kondensoituva vesi tulisi ohjata pois laitteesta tehokkaan pitkäaikaisen kuivauksen takaamiseksi, joko viemäriin tai ulos rakennuksesta. Yleensä kondenssikuivaimissa on oma vedenkeruusäiliö, mutta sen tyhjentäminen vaatii jatkuvaa huoltoa. (Liite 1. Kuva 14.), (Gles OY 2012, s. 2.)

Kondenssikuivain

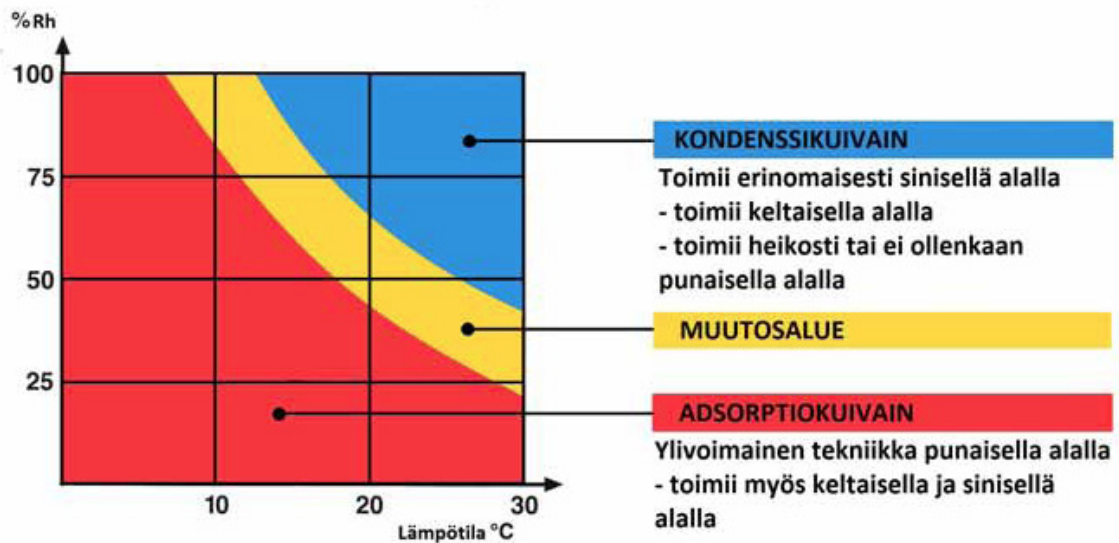


Kuva 8. Kondenssikuivaimen toimintaperiaate (www.lfs-web.se/valja-avfuktare.htm)

Kondenssikuivaimessa kosteailma johdetaan jäähdytetyn kennon läpi, jolloin kennon pintaan tiivistyy vettä. (Toimintaperiaate esitetty kuvassa 8.) Vesi johdetaan yleensä kennon alta pumpaamalla letkua pitkin pois tilasta. Kuivunut ilma johdetaan lämmitettynä takaisin kuivattavaan tilaan. (Cramo 2012.)

Kondenssikuivain on tehokas erityisen kosteissa tiloissa, mutta sen kosteuden-erottelukyky heikkenee radikaalisti suhteellisen kosteuden alkaessa laskea, vaikka rakenteet edelleen luovuttaisivat kosteutta. Äärimmäisen kosteissa olosuhteissa kondenssikuivain erottelee kosteutta selkeästi paremmin kuin adsorptiokuivain. (Kuva 9.) Adsorptiokuivain toimii pääosin lähes kaikissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa tehokkaasti. Tehokkaana yleiskuivaimena ja rakenteiden kuivaamiseksi loppuun asti on adsorptiokuivain ylivoimainen. (Gles OY 2012, Kuivausohje. s. 2.)

Kuivaustekniikan valinta - kondenssikuiivain vai adsorptiokuivain?



Kuva 9. Kuivainten toiminta-alueet (Gles OY 2012, s. 4.)

4.4 Muut kuivausmenetelmät

Muita kuivausmenetelmiä ovat rakenteen kohdennettu lämmittäminen, infrapunakuivaus ja mikroaaltokuivaus. Viimemainitut ovat nopeampia pika-kuivausmenetelmiä, joita käytetään täsmäkuivaukseen. Ne ovat parhaimmillaan paksujen kivirakenteiden paikallisessa kuivauksessa.

Infrapunakuivaus perustuu rakenteen täsmälliseen lämmittämiseen, jossa rakenteen pinta lämmitetään 50–80 °C. Periaatteena on saada mahdollisimman suuri höyryn osapaineen ero kuivattavan materiaalin ja ympäröivän ilman välille. Lämmitystä katkotaan sopivassa rytmissä ja rakenteen pintaa voidaan viilentää tuuletuksella. Näin saadaan lämpötilaero rakenteen syvemmän osan ja pinnan välille, jolloin kosteus liikkuu pienemmän lämpötilan/alemmman höyryn osapaineen suuntaan. Tähän perustuu myös rakenteen täsmällinen lämmittäminen, joka voidaan toteuttaa lämpöpuhaltimilla tai matalalämpölevyillä ja -matoilla, joissa lämpötila ei nouse yli sadan asteen (Liite 1. Kuvat 15. ja 16.), (A. Seppälä TQ OY 2009, s. 5; Polygon 2012.)

Mikroaaltokuivauksessa mikroaallot lämmittävät tehokkaasti rakenteen sisäosia, jolloin kosteus liikkuu pintaa kohti suuremman lämpötilan/korkeamman höyryn osapaineen vallitessa syvemmällä rakenteessa. Mikroaaltokuivauksessa suu-

rimmat lämpötilat esiintyvät materiaalin sisällä, jolloin lämmön vaikutus on vastakkainen tavalliseen kuivaukseen verrattuna, mikä nopeuttaa kuivausta. (TKK Helsinki 2009, s. 20.)

4.5 Ilman liikkuminen tilassa

Kuivan ilman liikkumista tulee tehostaa tilassa ja kuivattavien rakenteiden pinnoilla erilaisilla ilmansiirtimillä. Näitä ovat erilaiset aksiaali- tai radiaalipuhaltimet, jotka on esitelty kuvassa 10. Aksiaalipuhaltimilla siirretään ja usein myös lämmitetään suuria kuutiomääriä ilmaa. Puhaltimilla kohdennetaan kuivailmavirtausta johonkin sitä vaativaan kohtaan tai katvealueeseen. Radiaalipuhaltimilla vastaavasti tuotetaan useimmiten suuri ilmanpaine kulkemaan nopeasti tasopinnoilla, kuten lattioilla ja seinillä, joita halutaan kuivata. Nopea laminaarinen (litteämäinen) ilmavirtaus rikkoo kostean ja kuivan ilman rajapinnan, joka sijaitsee noin 25 mm etäisyydellä kostean rakenteen pinnasta. Tämä rajapinta hidastaa huomattavasti rakenteen kuivamista. Kuivattavien pintojen tulee olla myös mahdollisimman puhtaita. Haittavaikutuksena ilmansiirtimet nostavat pölyä ilmaan, mikäli kuivattavassa tilassa on irtopölyä. Radiaalipuhallin pitää myös kohtalaista ääntä. (Seppälä 2011, s. 5; Cramo OY 2012; Gles OY 2012, s. 3; Polygon 2012.)



Kuivauspuhaltimet

- Aksiaalipuhaltimet
- Kuivaus/tuuletus



Lattia



2900 - 3900 m³/h



Matot

Kuva 10. Radiaalipuhallin (vasemmalla) ja aksiaalipuhallin (oikealla)
(Cramo OY 2012.)

4.6 Lämmittäminen

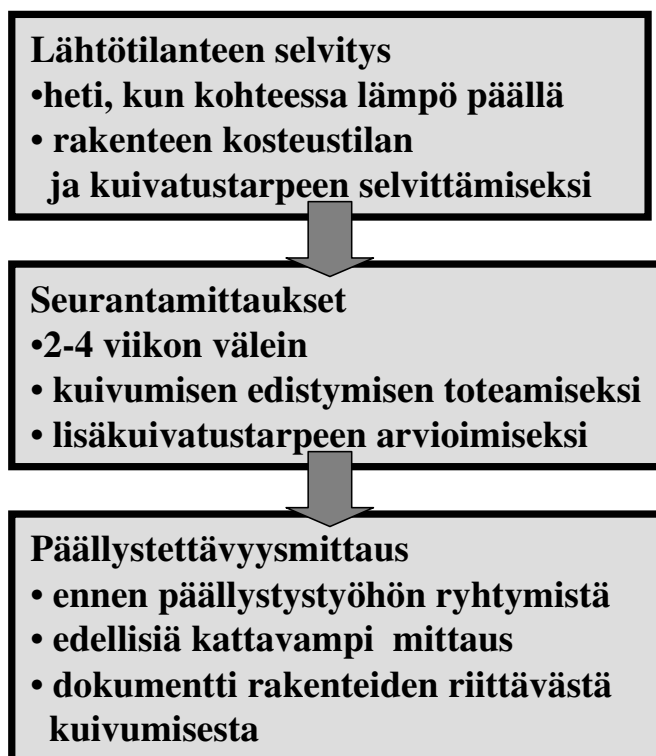
Lämpötilalla on suuri vaikutus kuivumiseen. Sen nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa rakenteiden kuivumista. Lämpötilan nosto vaikuttaa rakennusmateriaalien ominaisuuteen luovuttaa kosteutta. Mitä lämpimämpi rakennusmateriaali on, sitä nopeammin kosteus siitä poistuu. Esimerkiksi betonin lämpötilan noustessa kymmenellä asteella betonin kosteuden siirtyminen kasvaa 1,5-kertaiseksi. Lämpötilan nostolla on kuitenkin rajansa, se vaikuttaa heikentävästi esimerkiksi nuoreen betoniin ja vaikuttaa työskentelymukavuuteen lämpötilan noustessa yli 27 °C asteen. (Merikallio 2003, s. 32; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 104.)

Paras vaihtoehto lämmittämiseen olisi, jos voitaisiin käyttää rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää, koska se olisi kaikkein edullisin vaihtoehto. Kaikkein helpointa mutta kalleinta on käyttää siirrettäviä sähkölämmittimiä, jotka samalla kierrättävät ilmaa puhaltamalla. Sähkölämmittimet sopivat pieniin ja lyhytaikaisiin kohteisiin. Vähänkin suurempiin ja pitempiaikaisiin kohteisiin kannattaa ottaa siirrettävä öljykäyttöinen lämpökeskus. Pienemmät versiot näistä on rakennettu kevytperävaunun päälle, joten ne ovat helppoja siirrettäviä. Sisälle rakennukseen järjestellään patteriverkosto, josta johdetaan vesiletkut ulkopuolella olevaan kattilaan. Kattilat voivat myös toimia mahdollisuuden mukaan maakaasulla tai kaukolämmöllä. (Cramo OY 2012.)

4.7 Olosuhteiden seuranta

Työmaan olosuhteita seurataan yleisesti yksinkertaisilla lämpö- ja kosteusmittareilla. Tarkempaan seurantaan käytetään jatkuvatoimisia tiedonkeruulaitteita, loggereita, jotka mittaavat lämpötilan ja suhteellisen kosteuden aika-ajoin. Loggerit yleensä toimittaa työmaalle ulkopuolinen kosteudenhallintaan erikoistunut yritys, joka myös seuraa, ovatko olosuhteet rakenteiden kuivumiselle otolliset. Itse rakenteista kuivumista seurataan yleisimmin porareikämittauksin, mittauslämpötilan tulee olla noin 20 °C. Lämpötilan vaihdellessa enemmän kuin ± 5 °C / 20 °C käytetään näytepalamittausta, jolla saadaan tarkempi tulos. (Kuva 11.), (Liite 1. Kuvat 1.-7.), (Cramo OY 2012.)

Rakennekosteusmittaukset



Kuva 11. Rakennuskosteusmittausten kulku. Mittauksilla seurataan rakenteiden kuivumista ja varmistetaan riittävä kuivuminen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011, s. 107.)

Kosteudenhallintaan perehtyneillä yrityksillä on yleensä käytössään alan viimeisin tietotaito. Yrityksillä mittavälineet ovat kunnossa ja kalibroitu määräajoin. Viralliset kosteudenmittaajat ovat suorittaneet PKM-tutkinnon (pätevöitynyt kosteudenmittaaja) tai VTT-sertifikaatin. He hallitsevat mittaustekniikan ja mittaustulosten tulkinnan. (Cramo OY 2012.)

5 Rakennusyritysten käytännöt kuivauksessa

Kaikilla isoilla valtakunnallisilla rakennusliikkeillä on valmiit kosteudenhallintasuunnitelmat sähköisessä järjestelmässä. Suunnitelmien täyttämisestä vastaa tavanomaisissa kohteissa yleensä vastaava mestari mutta vähänkin vaikeimmissa kohteissa ulkopuolinen kosteudenhallintaan erikoistunut yritys. Myös kosteusmittaukset ja mahdollisen kuivatuksen hoitaa usein ulkopuolinen yritys. Pie-
nemmillä paikallisilla rakennusyrityksillä on vaihtelevia käytäntöjä. Toisilla on

omaa mittaus- ja kuivauskalustoa. Kuitenkin vaativampiin kohteisiin käytetään lähes aina ulkopuolista yritystä, ainakin kosteusmittauksiin. Alle 50-vuotiailla teknisentason koulutuksen käyneillä tiedot kosteudenhallinnasta on jokseenkin hyvin perillä ja vanhemmatkin osaavat suhtautua asiaan riittävän vakavasti. Sen sijaan toteutuspuolella ei useinkaan aina ole tietoa ja ymmärrystä tarpeeksi. Tätä asiaa voisi parantaa antamalla täsmällistä koulutusta käytännön työntekijöille.

Kireät aikataulut ovat suurin syy puutteelliseen kuivaukseen, toinen syy on riittämätön asiantuntemattomuus esimerkiksi mittaustulosten tulkinnassa ja pinnoittemateriaalien kosteuden kestosta. Säältä suojaukseen on vielä paljon parantamisen varaa etenkin rakennusmateriaalien osalta; niiden suojaamiseen voisi käyttää edullisia telttakatoksia. Peruskorjauskohteita suojataan huputtamalla huomattavan paljon, mutta uudisrakentamisen puolella täyshuputus katsotaan vielä liian hankalaksi. Näissä tapauksissa voisi käyttää helposti siirrettävää ositusta suojasta tarpeen mukaan. Oikeaoppisella sääsuojauksella, rakenteiden kuivumisen ajoittamisella alkutalvesta kevääseen ja varaamalla aikataulussa riittävästi aikaa kuivumiselle vapaudutaan kokonaan kuivaimien käytöstä. Tehokas koneellinen kuivattaminen aiheuttaa aina jonkin verran ylimääräisiä kustannuksia. Lisäksi kireillä aikatauluilla rakentaessa tulee helposti rakennusvirheitä, joita joudutaan myöhemmin korjaamaan.

6 Päätelmät

Rakennusaikainen kosteuden hallinta tiedostetaan hyvin ammattirakentajien keskuudessa. Omakotirakentajatkin ovat siitä jonkin verran perillä lehdissä olevien artikkeleiden ansiosta. Tällä hetkellä on lukuisia kosteusvauriotapauksia ja osa niistä on uusissa vasta valmistuneissa ammattilaisten rakentamissa rakennuksissa. Onpa lehdissä käsitelty laajastikin pääkaupunkiseudulla vastarakenteilla olevaa asuinrakennusta, jossa kosteudenhallinta on laiminlyöty pahasti. Tällainen palstatila lehdissä tuo ei toivottavaa mainosta rakentajalle ja rakennuttajalle.

Niin rakenteiden kuin materiaalienkin suojaamisen sateelta pitäisi olla tänä päivänä itsestäänselvyys. Rakenteiden kuivaaminen ainakin julkisissa rakennuksissa hoidetaan huolellisesti, sen edellyttää jo tilaaja. Yksityisellä sektorilla on vielä asiassa parantamisen varaa, mutta muutos parempaan päin on koko ajan menossa. Seurantamittauksia tehdään kosteushallintasuunnitelmien mukaisesti. Kosteudenhallinnan kasvava kysyntä on avannut etenkin rakennuskone yrityksille ja muille yrityksille uusia toimialoja. Kosteudenhallintaan erikoistuneet yritykset pysyvät ajan tasalla kouluttamalla henkilöstöään ja päivittämällä kuivaus- ja mittauskalustoaan. Kuivaustekniikan kehittyminen ei ole ollut mullistavaa, mutta eteenpäin kuitenkin mennään kehittämällä aikaisempia hyväksi havaittuja menetelmiä.

Kuvat

- Kuva 1. Rakennustyömaan kosteusriskit kartoitetaan mm. tarkastamalla kohteen rakennedetaljit s. 7.
- Kuva 2. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointi s. 9.
- Kuva 3. Keskikokoisen rakennuksen sääsuoja s. 10.
- Kuva 4. Kosteuden poistuminen rakenteista s. 11.
- Kuva 5. Eristetilan imukuivaus s. 13.
- Kuva 6. Eristetilan painekuivaus s. 13.
- Kuva 7. Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate s. 14.
- Kuva 8. Kondenssikuivaimen toimintaperiaate s. 16.
- Kuva 9. Kuivainten toiminta-alueet s. 17.
- Kuva 10. Radiaalipuhallin ja aksiaalipuhallin s. 18.
- Kuva 11. Rakennuskosteusmittausten kulku. Mittauksilla seurataan rakenteiden kuivumista ja varmistetaan riittävä kuivuminen s. 20.

Lähteet

Cramo Finland OY 2012. Mika Aalto, haastattelu 9.3.2012.

Cramo Finland OY 2011. Jari Oksman, haastattelu 12.10.2011.

Gles OY 2012. Kuivausohje. Tulostettu 4.9.2012.
http://www.gles.fi/pdf/GLES_kuivausohje.pdf. 7 s.

Kryotherm OY 2011. DST-kuivaimen käyttöohjeet 11 s.

Merikallio, T. 2003. Rakennustyömaan olosuhdehallinta, ohjeita ja esimerkkejä. Humittest OY. Tulostettu 16.4.2012.
<http://www.betoni.com/files/files/yhteenvetoraportti.pdf>. 51 s.

Mestari & insinööri, RKL:n jäsenlehti, 1/2012.

Polygon Finland OY 2012. Jukka Hirvi, haastattelu 2.11.2012.

RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 243 s.

Seppälä, A. 2012. Total Quality OY. Tulostettu 21.9.2012.
http://www.sppl.fi/files/1372/Seppala_ASTQ_JVT_2012.pdf. 15 s.

Seppälä, A. 2011. Total Quality OY. Kuivauksessa käytettävät koneet ja laitteet. Esite. 17 s.

Tasomainen mikroaaltokuivain betonirakenteen kosteudenhallinnassa. Helsingin Teknillinen Korkeakoulu. 2009. s.20. Luettu 24.10.2012
http://www.buildtech.aalto.fi/fi/julkaisut/julkaisusarjat/julkaisu_b17/ 113 s.

Kuva 1. RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 98.

Kuva 2. RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s. 100.

Kuva 3. Cramo OY 2012.

Kuva 4. Merikallio, T. 2003. Rakennustyömaan olosuhdehallinta, ohjeita ja esimerkkejä. Humittest OY. s 23. Tulostettu 16.4.2012.
<http://www.betoni.com/files/files/yhteenvetoraportti.pdf>. 51 s.

Kuva 5. A. Seppälä TQ OY, 2012. s 12. Tulostettu 16.4.2012.
http://www.sppl.fi/files/1372/Seppala_ASTQ_JVT_2012.pdf. 15 s.

Kuva 6. A. Seppälä TQ OY, 2012. s 12. Tulostettu 16.4.2012.
http://www.sppl.fi/files/1372/Seppala_ASTQ_JVT_2012.pdf. 15 s.

Kuva 7. Kryotherm OY 2011.

Kuva 8. www.lfs-web.se/valja-avfuktare.htm. Luettu 14.11. 2012.

Kuva 9. Gles OY 2012. Kuivausohje s.4.

Kuva 10. Cramo OY 2012.

Kuva 11. RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. s.107.

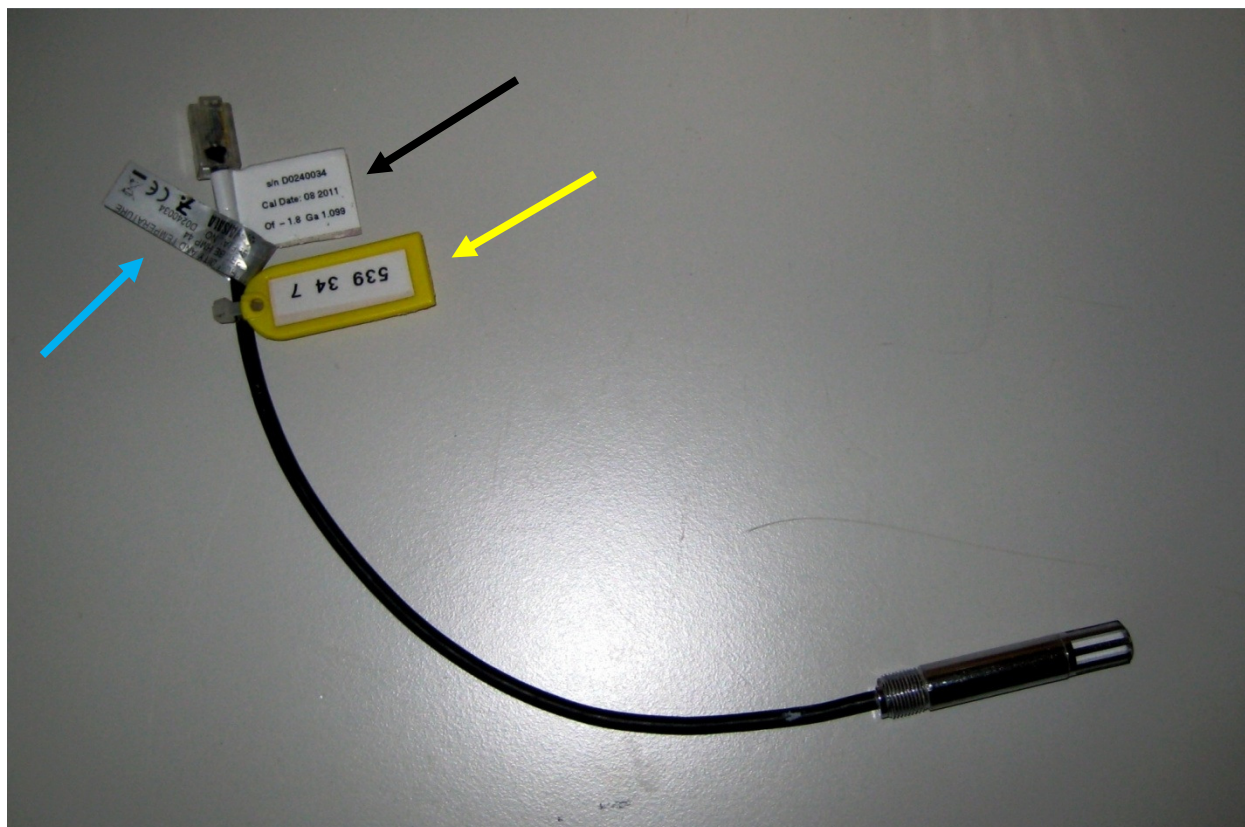
LIITE 1. Kosteudenhallintavälineitä, 18 sivua

Suhteellisen kosteuden mittaus



Kuva 1. Kosteusmittari Vaisala HM44. (Cramo 2012.)

Mittarissa on värikoodi merkintä minkä mittapäiden kanssa se on yhteensopiva (mustanuoli) ja mittarin sarjanumero (keltainen nuoli).



Kuva 2. Vaisala HM44 mittapää. (Cramo 2012.)

Mittapäässä on seuraavat tiedot valmistaja ja mittauksessa tarvittava mittapään numero (sininen nuoli), kalibrointitodistus (musta nuoli), mittapään numero ja värikoodi minkä mittarin kanssa mittapää on yhteensopiva (keltainen nuoli).



Kuva 3. Vaisalan porareikäholkit. (Cramo 2012.)



Kuva 4. Mittapääät asennettu tasaantumaan mittausholkkeihin ja tiivistetty hyvin sinitaralla. (Cramo 2012.)



Kuva 5. Mittapää liitetty mittariin. Mittariin syötetään mittapään numero ja sen jälkeen luetaan arvot. Kuvassa näkyy porareikien poraus syvyydet merkittynä. (Cramo 2012.)



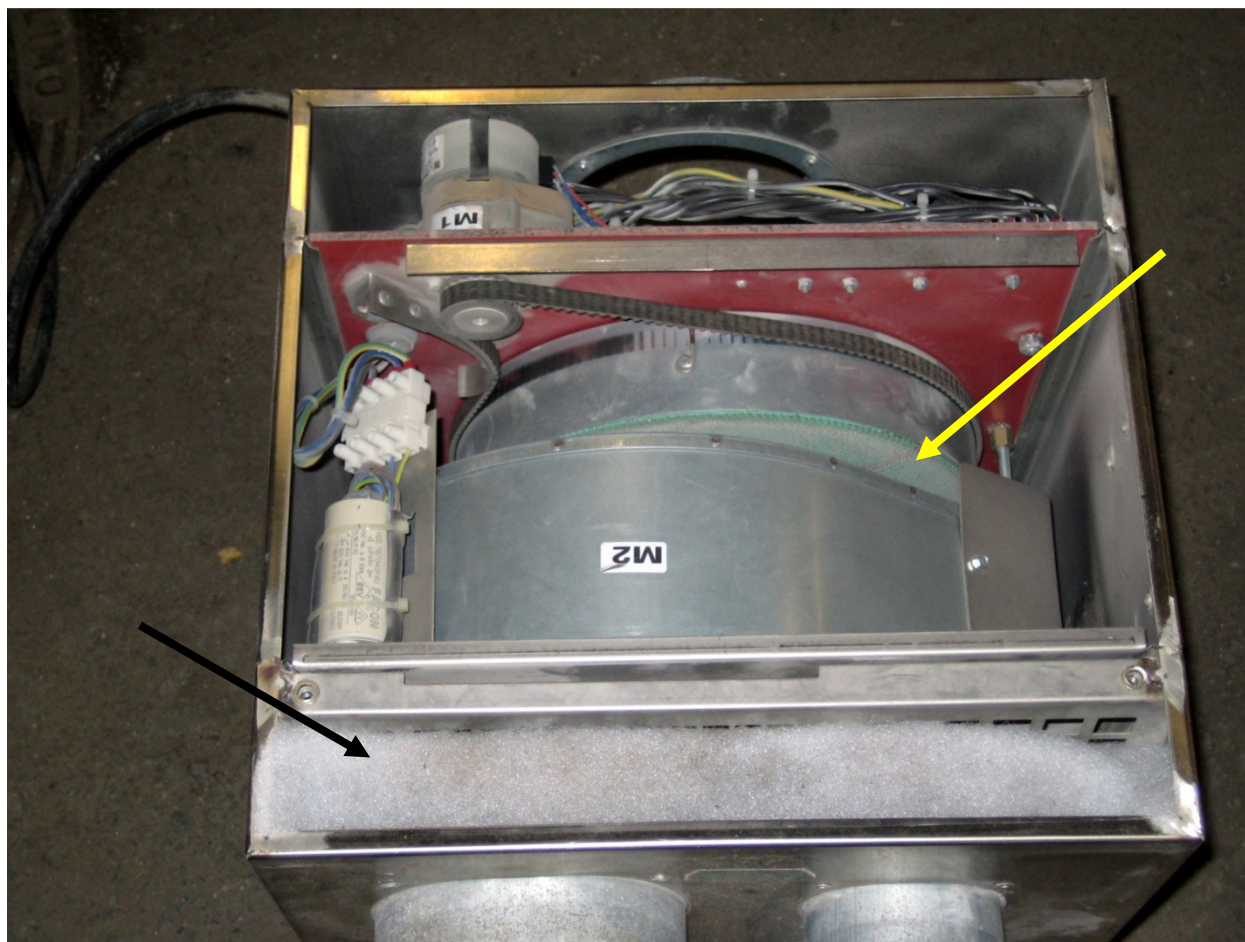
Kuva 6. Mittapäätt tasaantumassa betoniseinäelementissä. Poraus syvyydet merkitty viereen. (Cramo 2012.)



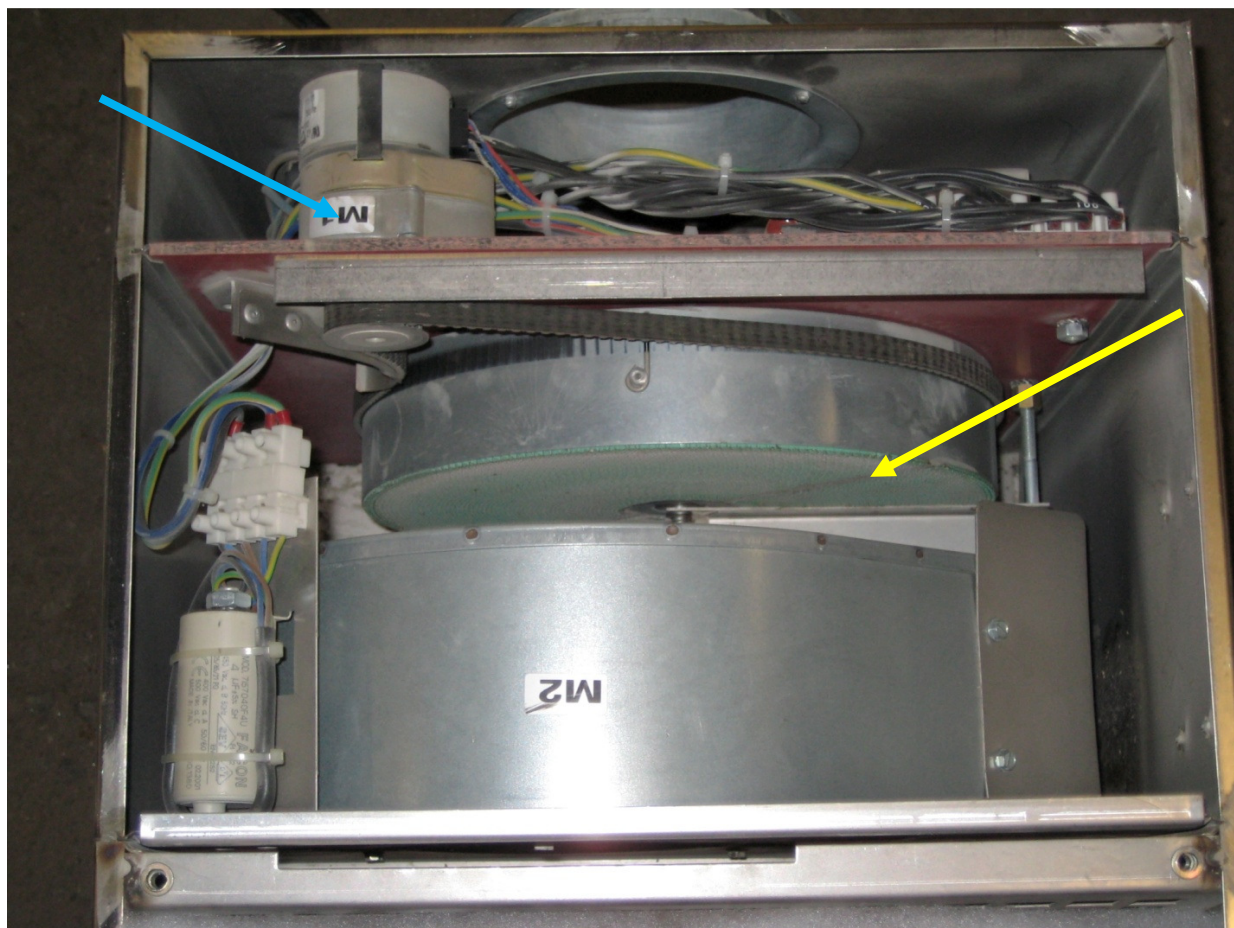
Kuva 7. 85 mm timanttipora. Timanttiporalla porataan betoniin kehä, josta lohkotaan keskusta pois. Syntyneen kuopan pohjasta otetaan betonipaloja näytepala mittausta varten. (Cramo 2012.)



Kuva 8. Timanttihiomakone, jolla sementtiliima poistetaan betonilattiasta. (Cramo 2012.)



Kuva 9. Adsorptiokuivain avattuna. Edessä näkyy suodatin pölynpoistoon (musta nuoli). Keskellä pyörivä kuivausroottori (keltainen nuoli). (Cramo 2012.)

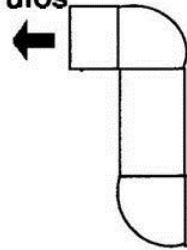


Kuva 10. Hunajakennomainen kuivausröotteri (keltainen nuoli). Rööottrin (kennon) pyöritysmoottori (sininen nuoli). Kuivausrööottrin materiaali on runsasaktiivinen silikageeli. Se on epäorgaaninen kide - piidioksidi (rakenteeltaan samanlainen kuin hiekka) joka erikoisprosessissa vesihöyryllä käsittelemällä on muutettu rakenteeltaan avoimeksi. Sen pinnalla on lukemattomia mikroskooppisen pieniä huokosia. Kullakin silikageeli kiteellä on suuri sisäinen runsasaktiivinen kuivauspinta ($500 \text{ m}^2/\text{g}$). Kuivattaessa vesimolekyylit joutuvat kiteen huokosiin ja adsorboituvat niiden pinnalle. Kun kide elvytetään lämpimällä ilmalla, adsorptiovoimat päästävät vesimolekyylin, joka kulkeutuu ulos lämpimän ilman mukana. (Cramo 2012.)

Kuivain sijoitettu kuivattavaan tilaan

Huomioitava, että kuiva ilma kiertää hyvin tilassa.

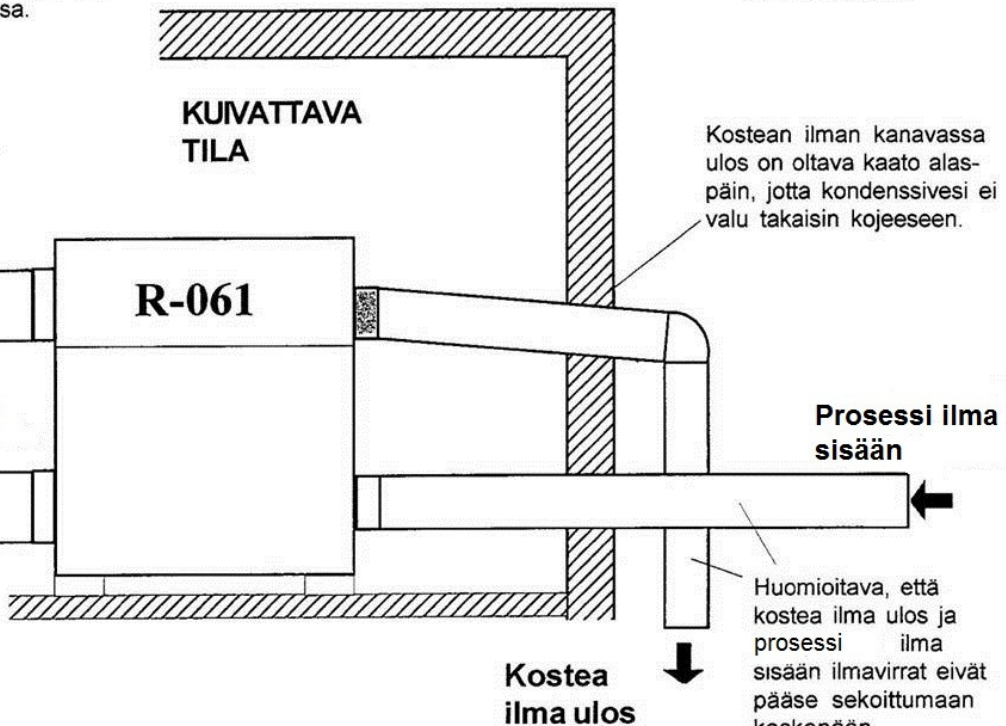
**Kuiva ilma
ulos**



**KUIVATTAVA
TILA**

R-061

**Regenerointi
ilma sisään**



ULKOILMA

Kostean ilman kanavassa ulos on oltava kaato alaspäin, jotta kondenssivesi ei valu takaisin kojeeseen.

**Prosessi ilma
sisään**

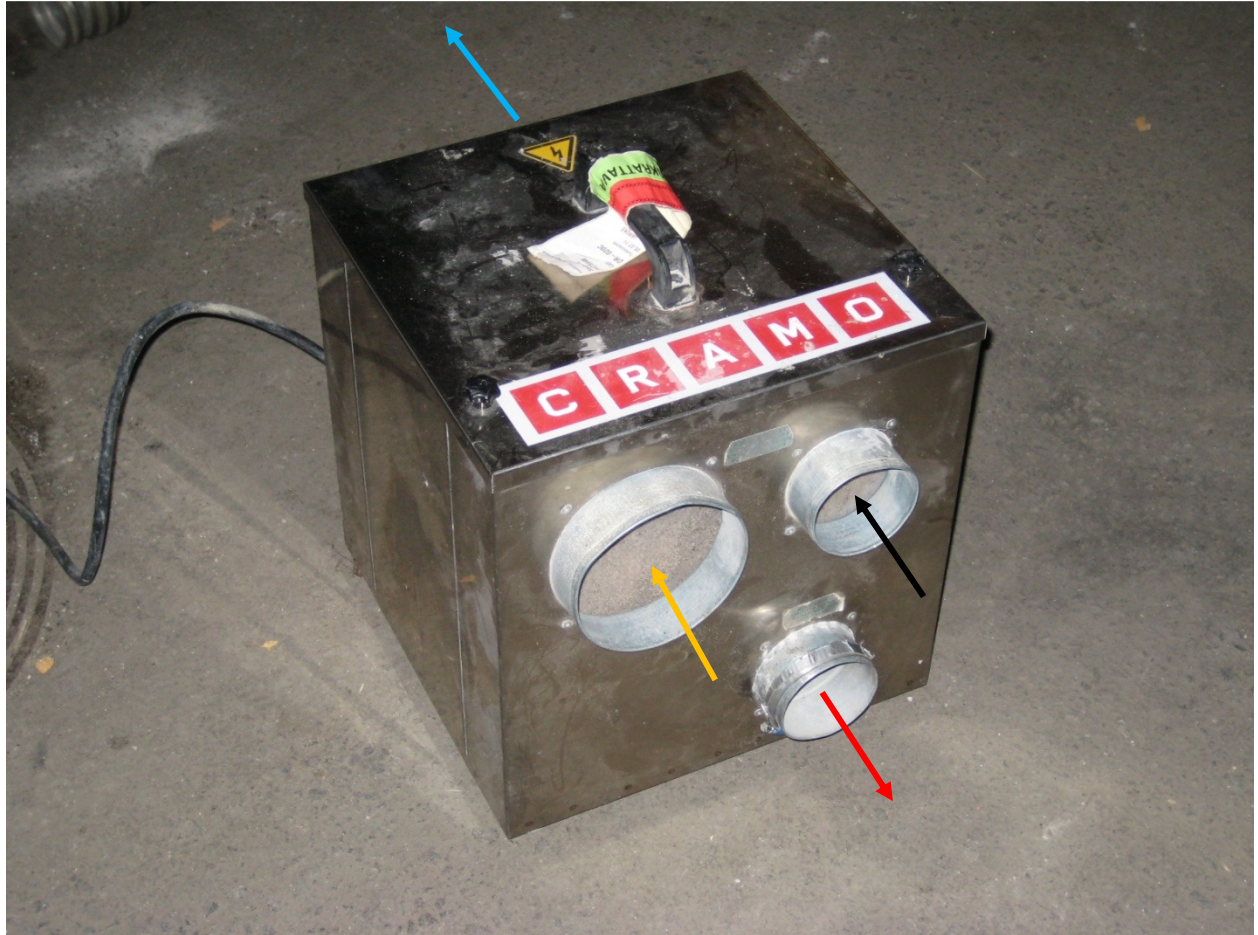


**Kosteaa
ilmaa ulos**



Huomioitava, että kostea ilma ulos ja prosessi ilma sisään ilmavirrat eivät pääse sekoittumaan keskenään.

Kuva 11. Adsorptiokuivaimen ilmaputkien johtaminen alkukesän aikaan, jolloin kuivempaa ulkoilmaa voidaan kuivattaa lisää johtamalla se kuivaimen läpi. Kesäkuun puolivälin jälkeen ulkoilman suhteellinen kosteus kasvaa jo niin suureksi, joten kuivaamiseen on käytettävä sisäilmaa. (Kryotherm OY 2011.)



Kuva 12. Neliaukkoinen adsorptiokuivain. Prosessi-ilma sisään (keltainen nuoli), kuiva ilma ulos, liitosaukko takana (sininen nuoli), regenerointi-ilma sisään (musta nuoli) ja kostea ilma ulos (punainen nuoli). (Cramo 2012.)



Kuva 13. Kolmiauxkoinen adsorptiokuivain. Prosessi-ilma sisään (keltainen nuoli), kuiva ilma ulos (sininen nuoli) ja kostea ilma ulos (punainen nuoli). (Polygon 2012.)



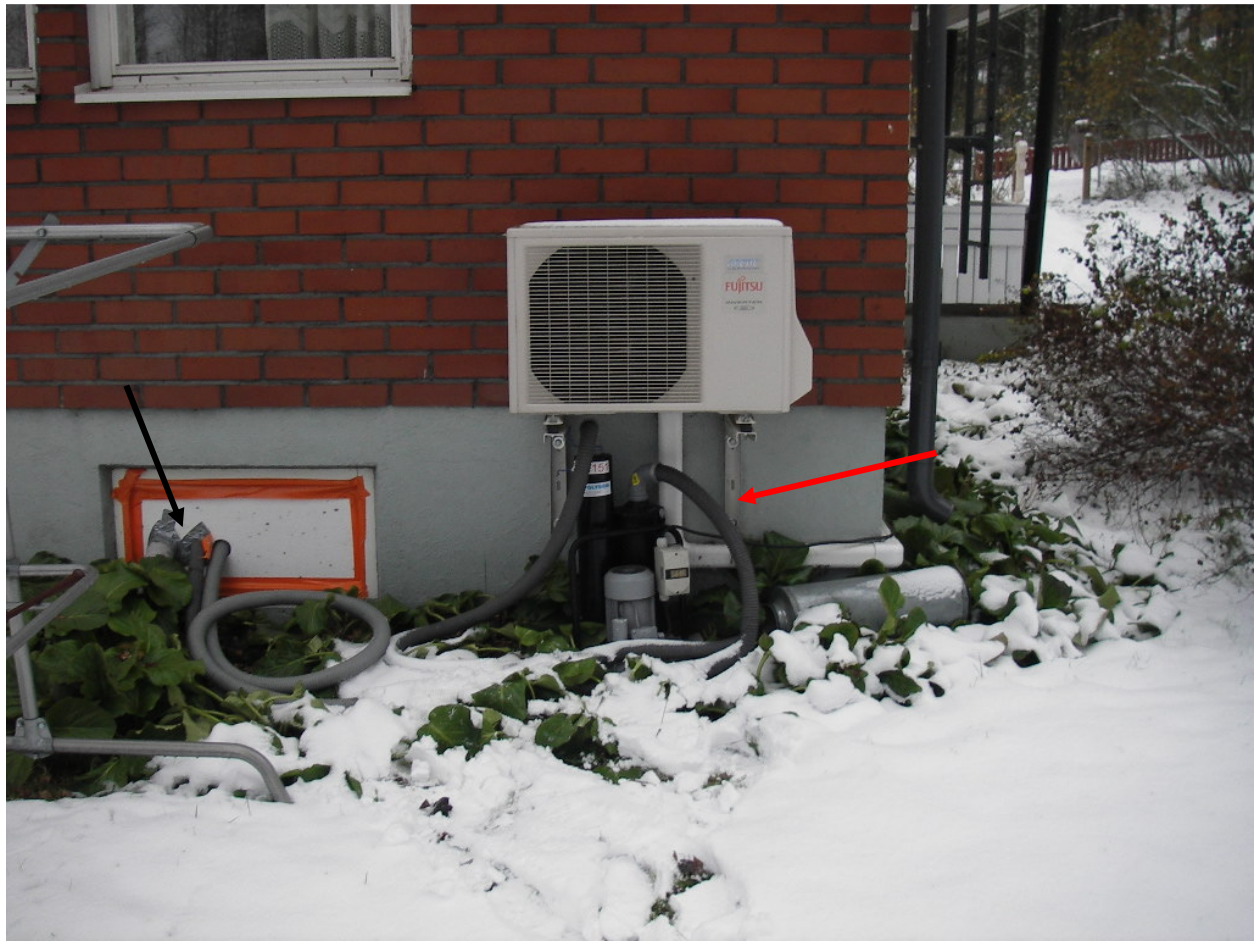
Kuva 14. Kondenssikuivain. Kosteaa ilmaa sisään, aukko takana (punainen nuoli), kuiva ilma ulos (keltainen nuoli) ja veden poistoletku (sininen nuoli). (Cramo 2012.)



Kuva 15. Paikalliseen kuivaukseen käytetään myös matalalämpölevyjä, joissa ei esiinny yli sadan asteen lämpötiloja. Kuivausvaikutus perustuu rakenteen suoraan lämmittämiseen. Matalalämpölevyt ovat käytetympiä kuin infrapunalevyt, koska ne ovat huolettomampia ja turvallisempia. Kuivausaika on kuitenkin pidempi. (Polygon 2012.)



Kuva 16. Matalalämpölevyä löytyy myös joustavana mattona, joka voidaan kiertää vaikka pilarinjuuren ympärille. (Polygon 2012.)



Kuva 17. Korkeapainepuhallin eristetilakuivauksessa sijoitettuna rakennuksen ulkopuolelle sen aiheuttaman melun vuoksi. Imuputki, paineputki ja adsorptiokuivaimen kostean ilman poistoputki on johdettu tiiviiksi tulpatun ikkuna-aukon läpi kuivattavaan tilaan. Ylempänä oleva valkoinen ilmalämpöpumppu ei liity prosessiin. (Polygon 2012.)



Kuva 18. Ilma otetaan puhaltimeen kuivattavasta tilasta johon on sijoitettu adsorptiokuivain. Kuivattua ilmaa puhalletaan pintabetonin läpi poratuista rei'istä eristetilaan, ilma purkautuu pois toisista rei'istä. Aksiaalipuhaltimet on laitettu sekoittamaan ilmaa. (Polygon 2012.)

LIITE 2. Ohjeita kosteudenhallintasuunnitelman laadintaan, 11 sivua

Liite on Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston sivuilta lomakkeet
<http://oulu.ouka.fi/rakennusvalvonta/lomakkeet/>

Liitteen käytölle on Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston lupa

Ohjeistus on laadittu 2001 ja se vaatisi joltain osin jo päivittämistä

Rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelma

- ohjeeksi suunnitelman laatijalle –

1. Rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelma

- ohjeeksi suunnitelman laatijalle -

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa että rakenteet kuivuvat tavoitekosteustilaansa ilman aikatauluviivytyksiä sekä vähentää rakenteiden kuivatusarvetta ja materiaalihukkaa. Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla kosteudenhallinnalla voidaan pienentää huomattavasti rakennuskustannuksia.

Kosteudenhallinta koostuu ennakkosuunnittelusta, työmaan toimenpiteistä, dokumentoinnista ja valvonnasta. Kosteudenhallintasuunnitelma tehdään yksilöllisesti kullekin työmaalle. Suunnitelmaa laadittaessa kiinnitetään erityistä huomioita rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen, kuivatus- tarpeeseen, materiaalien kosteudensietokykyyn sekä kosteusteknisesti kriittisten rakenneosien toteuttamiseen.

Kosteudenhallintasuunnitelma koostuu:

- kosteusriskien kartoittamisesta
- rakenteiden kuivumisaika-arvioista
- työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelusta
- kosteusmittausuunnitelmasta
- organisoinnin, seurannan ja valvonnan järjestämisestä

1. Kosteusriskien kartoittaminen

Kosteudenhallintasuunnitelman ensimmäisessä vaiheessa tarkastetaan kohteen rakennus- ja rakennesuunnitelmat kartoittaen mahdollisesti kosteusteknisesti kriittiset rakenteet, tuotteet ja materiaalit. Tavoitteena on selvittää, onko kohteessa sellaisia rakenneratkaisuja, joiden toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia tai joissa myöhemmin on riski kosteusvaurioiden synnylle. Samalla voidaan eliminoida mahdolliset rakennusfysikaaliset suunnitteluvirheet.

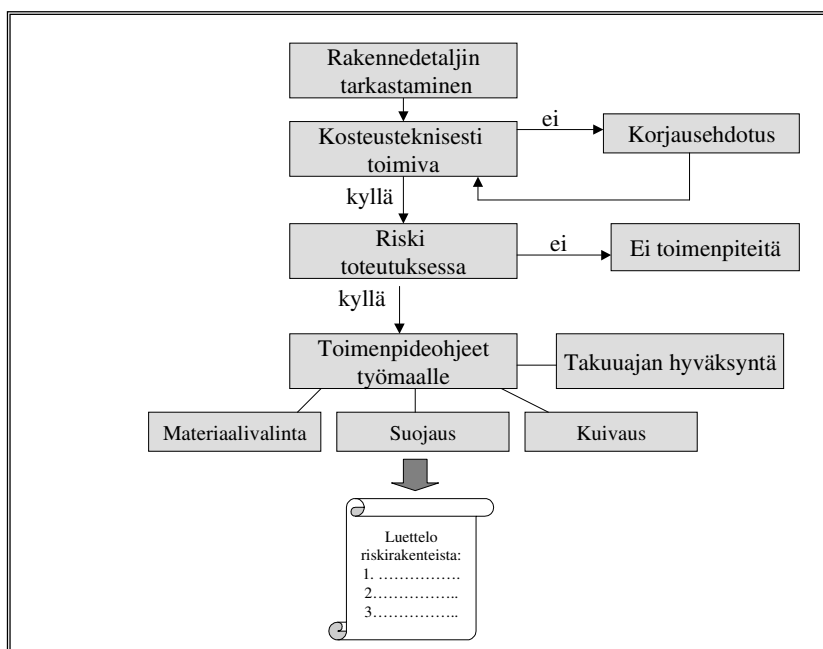
Rakennesuunnitelmia tarkastettaessa tulee ensisijaisesti kiinnittää huomiota siihen, että rakenneratkaisut ovat sellaisia, että liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin estyy. Suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin otettava huomioon myös ylimääräisen kosteuden poistumistiet ja rakenteiden kuivattamismahdollisuus. Lisätietoa ja ohjeita rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen saa mm. Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeesta C2 Kosteus rakentamisessa [1] sekä Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeesta RIL 107-1999 [2].

Kartoituksen perusteella kosteudenhallintasuunnitelmaan kootaan riskialttiit rakenteet, tuotteet ja materiaalit sekä kunkin kohdalle toimenpiteet, jotka työmaalla sovitaan tehtäväksi kosteudenhallinnan toteutumiseksi. Suunnitelmassa voi lisäksi olla kohta, johon tehdyt toimenpiteet voidaan kuitata tehdyiksi. Havaituista suunnitteluvirheistä reklamoidaan välittömästi.

Kosteudenhallintasuunnitelmassa yleisesti huomioitavia kohtia ovat mm.

- pintavesien ohjaaminen ja kuivatusjärjestelmät
- salaojitus
- perustusrakenteet
- alapohjarakenteet
- maanpaineseinät
- julkisivut
- väestösuojankatto
- välipohjat
- parvekkeet ja terassirakenteet
- vesikatot
- pihakannet
- märkätilat

Taulukossa 1 on muutamia esimerkkejä toimenpiteistä, joita kosteudenhallintasuunnitelmaan voidaan koota.



Kuva 1. Rakennustyömaan kosteusriskit kartoitetaan tarkastamalla kohteen rakennedetaljit.

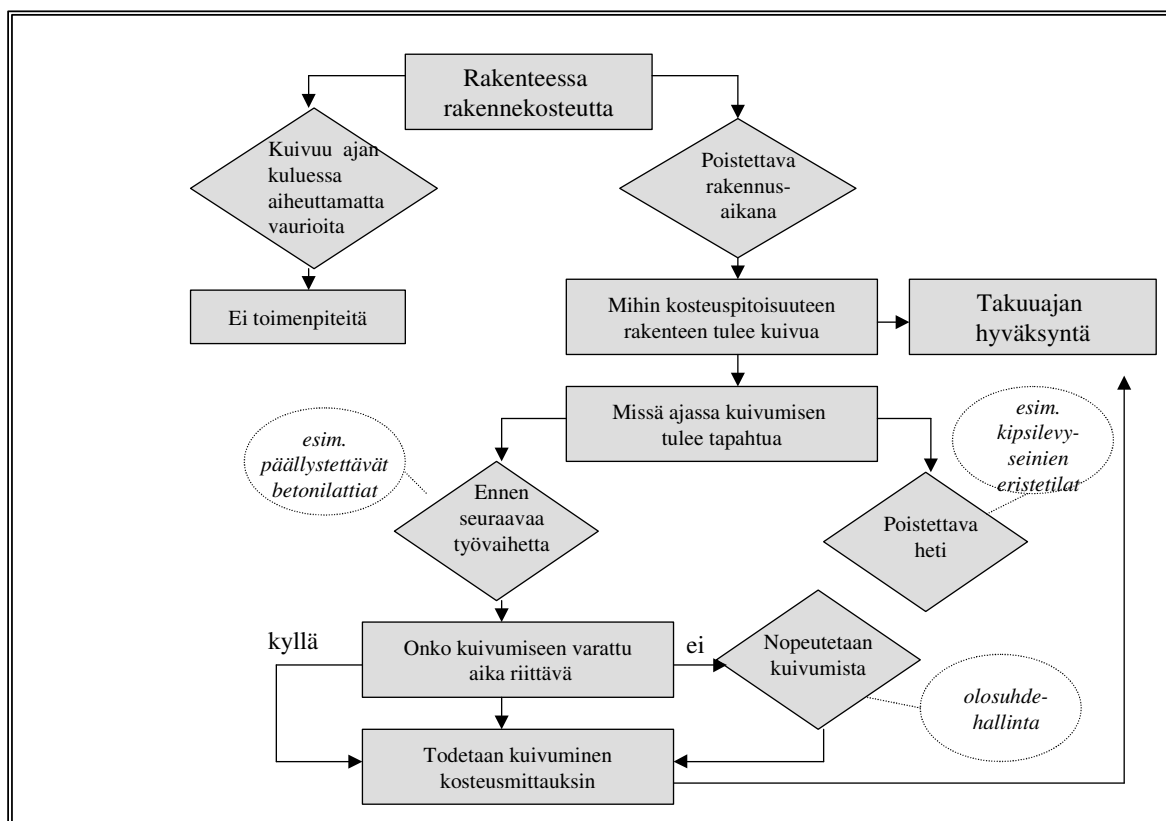
Taulukko 1. Esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman kosteusriskien kartoituskohdasta.

1. KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS		
Kohta	Toimenpiteet	Käyty läpi Päivämäärä ja kuittaus
1.1 Salaojat	<p>Huolehditaan, että salaojaputkien asennus on suunnitelmien mukainen. Laaditaan tarkeskuvat.</p> <p>Salaojituskerros tehdään maa-aineksesta, joka läpäisee vettä ja jossa veden kapillaarinen nousu on vähäistä. Anturan läheisyydessä sekä maanvaraisen laatan alle tulee kapillaarisen vedennousun katkaisevaa maa-ainesta, esim. sepeli 6-30 mm.</p> <p>Salaojaputkea ympäröivän salaojituskerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. Kellarin seinää vasten olevan kerroksen tulee olla vähintään 0,2 m.</p> <p>Tarkastuskaivot puhdistetaan ennen rakennustöiden loppukatselmusta. Salaojaputkien toiminta tarkistetaan ja putkistot puhdistetaan juoksuttamalla niiden läpi vettä niin kauan, että vesi tulee ulos kirkaana.</p>	<p>Korot työmaalla tarkastettu. ☑</p> <p>Maa-aineksen laatu tarkastettu ☑</p> <p>Salaojituskerroksen paksuus tarkastettu ☑</p> <p>Tarkastus ja puhdistus tehty ☑</p>

2. Rakenteiden kuivumisaika-arviot/päällystettävyyys

Valtaosa rakenteista sisältää rakennusaikana ylimääräistä kosteutta ns. rakennuskosteutta, jonka tulee poistua. Rakennuskosteuden lähteitä ovat rakennusmateriaalin valmistamiseen käytetty vesi, rakennusaikainen vesi- ja lumisade sekä työmaa-aikainen vedenkäyttö. Suurimmasta osasta rakenteita tämä kosteus pääsee vapaasti poistumaan aiheuttamatta rakenteelle tai sen ympäristölle ongelmia. Joissakin rakenteissa kosteuden poistuminen voi kuitenkin olla liian hidasta suhteessa rakenteen kosteudensietokykyyn. Tällaisia rakenteita ovat mm. kipsilevyistä tehdyt kevyet ulkoseinärakenteet, joissa esimerkiksi lämmöneristetilaan päässyt kosteus tai siivousvesi ns. kuivassa tilassa voi aiheuttaa nopeasti mikrobivaurion synnyn. Näihin rakenteisiin rakennusaikana päässyt kosteus tulee poistaa mahdollisimman nopeasti.

Osan rakenteista on kuivuttava ennen kuin seuraavaan työvaiheeseen voidaan ryhtyä. Tällaisia rakenteita ovat lähinnä betonilattiat ja –seinät, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla. Useimmat lattiapäällystemateriaalit edellyttävät, että alusbetonin tulee kuivua päällystemateriaalin edellyttämän kriittinen kosteusarvon alapuolelle ennen päällystystyöhön ryhtymistä. Kosteusraja-arvot annetaan pääsääntöisesti suhteellisena kosteuspitoisuutena (RH %). Yleisimpien päällystemateriaalien raja-arvot ovat välillä 80-90% RH:a. Eri päällystemateriaalien kosteusraja-arvoja on annettu mm. SisäRYL 2000:ssa [3] sekä BLY7/by45 Betonilattiat [4]. Ensisijaisesti tulee kuitenkin noudattaa päällystemateriaalien valmistajien ja tuottajien antamia ohjearvoja.



Kuva 2. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointi

Kosteudenhallintasuunnitelmassa laaditaan kuivumisaika-arviot niille betonirakenteille, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla tai joissa kuivumisesta aiheutuvat muodonmuutokset

voivat aiheuttaa vaurioita (esim. keraamisilla laatoilla päällystettävät betoniseinät). Kun rakenneratkaisu (paksuus, kuivumissuunta, kerroksellisuus jne.) ja tavoitekosteus ovat tiedossa, betonirakenteelle voidaan laatia kuivumisaika-arvioita käyttäen muuttujina erilaisia betonilaatuja sekä kuivumisolosuhteita. Betonilaaduissa kuivumisaikaan vaikuttaa eniten betonin vesisementtisuhde. Muita huomioon otettavia tekijöitä ovat mm. runkoaineen maksimi raekoko ja betonimassan notkeus. Olosuhteista betonin kuivumiseen vaikuttavat merkittävimmin kastumisaika, lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Kuivumisaika-arviota laadittaessa on syytä huomioida, että ne ovat vain suuntaa antavia. Todellinen varmuus rakenteen riittävästä kuivumisesta saadaan vain mittaamalla betonin suhteellinen kosteuspitoisuus.

Betonirakenteiden kuivumisaikaa arvioitaessa huomioitavia tekijöitä ovat:

- tavoitekosteus (riippuu päällystemateriaalin kosteudensietokyvystä)
- rakenneratkaisu (rakenteen paksuus, haihtumispinta-ala eli pääseekö kuivumista tapahtumaan yhteen vai kahteen suuntaan)
- betonilaatu (vesisementtisuhde, maksimiraekoko, notkeus)
- kuivumisolosuhteet (kastumisaika, lämpötila, ilman suhteellinen kosteus)

Rakenteille laadittuja kuivumisaika-arvioita verrataan suunniteltuun toteutusaikatauluun. Esimerkiksi hyvin tehdystä yleisaikataulusta saadaan riittävällä tarkkuudella laskettua, paljonko rakenteelle on aikataulussa varattu kuivumisaikaa ennen päällystystyöhön ryhtymistä. Kuivumisen katsotaan alkavan siitä, kun lisäkosteuden pääsy rakenteeseen estyy ja kohteessa on riittävästi lämpöä (vähintään 10°C). Mikäli rakenteiden arvioitu kuivumisaika muodostuu aikataulussa varattua kuivumisaikaa pidemmäksi, valitaan menettelytavat aikataulussa pysymiseksi. Tällaisia menettelytapoja ovat mm:

- kuivumisolosuhteiden parantaminen
- nopeammin kuivuvan betonilaadun valinta
- päällystemateriaalin vaihtaminen paremmin kosteutta kestäväan materiaalin.

Kuivumisaika-arvioiden perusteella voidaan myös määrittää, millaiset olosuhteet kohteeseen tulee luoda, jotta kuivumista tapahtuisi tavoiteaikataulun mukaisissa puitteissa. Aikataulullisesti kriittisiin kohteisiin on syytä laatia erityinen **olosuhdehallintasuunnitelma**, missä tarkastellaan kohteen työmaa-aikaista suojausta, lämmitystä ja kuivatusta.

Taulukko 2. Esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman sisältämästä kuivumisaika-arvioista ja toimenpideohjeista.

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällyste-materiaali	Tavoite-Kosteus RH (%)	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
API	Kosteat tilat	Vetonit vedeneriste +keraamiset laatat	90%	n. 70 mm paksu betonirakenne, alla styrox. Olosuhteet: 4 viikkoa kosteassa, ei kastu, sitten n.50%RH ja T 20°C. Normaali betoni K30 (v/c= 0,7), kuivuminen 90%RH:n noin 7 viikkoa, 85%:n RH:n noin 12 viikkoa. Nesteytetty kuitubetoni, jonka v/c =0,5 kuivuminen 90%RH arviolta 4 viikkoa ja 85%:n RH:n noin 7 viikkoa, => lattiarakenteilla on aikataulun puitteissa hyvät mahdollisuudet kuivua tavoitekosteuteen, kun huolehditaan, että kohteessa on riittävästi lämpöä (n.20°C) ja riittävän alhainen sisäilman RH (n.50 %). Lattialämmityksen mahdollisimman varhaisella käyttöön otolla edistetään kuivumista. Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta betonin asianmukaisen jälkihoidon jälkeen.

3. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu

Kosteudenhallintasuunnitelman olosuhdehallinnan osuudessa sovitaan toimenpiteistä, joilla pyritään estämään rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen sekä luomaan kohteeseen optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi.

3.1 Kastumisen estäminen/sääsuojaus

Rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateelta mahdollisuuksien mukaan, sillä kastuminen lisää merkittävästi sekä kuivatustarvetta että materiaalihukkaa. Kastuneen materiaalin tai rakenneosan käyttö voi myös myöhemmin aiheuttaa terveyshaitan rakennuksen käyttäjälle.

Kastumisen estämisen osa-alueita ovat mm:

- rungon suojaaminen kastumiselta
- materiaalien kastumisen estäminen
- keskeneräisten rakenteiden suojaus
- vesivahinkoihin varautuminen sekä niiden ehkäiseminen

Rakennuksen rungon kastumista voidaan vähentää mm. seuraavilla toimenpiteillä:

- nostamalla runko ylös mahdollisimman nopeasti, jolloin seuraava kerros toimii edellisen kerroksen katteena
- estämällä veden valuminen ylemmiltä holveilta alimmille sulkemalla holvilla olevat aukot vesi tiiviiksi sekä estämällä veden valuminen esim. ulkoseinän eritilaan ja sisälevytyksiin
- tekemällä elementtivalipohjien saumavalut tiiviiksi ja valamalla pintabetonilaatta mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- tekemällä valipohjiin väliaikainen viemärointi esimerkiksi märkätilojen lattiakaivojen kautta. (tulee ajoissa sopia kohteen LV-urakoitsijan kanssa)
- suojaamalla rakennusrunkon sivut varhaisessa vaiheessa asennettavilla ulkoseinillä. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytetään suoja- tai eristepeitteitä. Ulkoseiniin on myös asennettava ikkunat ja ovet mahdollisimman pian tai aukot tulee sulkea suojapeitteillä Ikkunalasit tulee suojata likaantumislta (betonivalut, maalit ..)
- poistamalla holville päässyt lumi mekaanisesti, ei sulattamalla
- poistamalla holville päässyt vesi mahdollisimman pian esim. vesi-imurilla
- suojaamalla eristetty ulkoseinä välittömästi sateelta
- käyttämällä sääsuoja korjaustyömaiden suojauksessa.

Työmaalle tulevien rakennusmateriaalien ja -tuotteiden kostumista ja kastumista voidaan vähentää:

- edellyttämällä toimittajilta kuljetuksen aikaisesta suojausta
- noudattamalla valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen
- oikea-aikaisella toimituksella (JOT)
- suunnittelemalla varastointialueet ja -menetelmät ajoissa
- käyttämällä sääsuoja työmaan yleisvarastona
- käyttämällä sääsuoja keskeneräisten rakenteiden suojauksessa
- suunnittelemalla työsuoritus huolellisesti ja toteuttamalla se pienissä paloissa, jotta keskeneräiset rakenteet ehditään suojaamaan saman työvuoron aikana

Suojaustoimenpiteissä tulee huomioda, mitkä materiaalit voivat itse vaurioitua kosteuden vaikutuksesta ja mitkä voivat kastuessaan välillisesti aiheuttaa kosteusvaurion. Esimerkiksi kipsilevy on

tuote, joka voi jo korkean ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksesta turmeltua. Tiilet, kevytsoraharkot ja betonituotteet puolestaan voivat kastuessaan imeä itseensä huomattavia määriä kosteutta (jopa 300-400 litraa/m³) vaurioitumatta. Kosteus voi kuitenkin aiheuttaa vaurion, kun nämä materiaalit pinnoitetaan tai päällystetään. Rungon valmiiden osien sisään varastoitaessa tulee huolehtia, etteivät materiaaliniput- ja pakkaukset estä rakenteiden (esim. betonirungon) kuivumista.

Vesivahingon sattuessa rakenteisiin päässyt vesi tulee poistaa välittömästi. Työmaalla sattuviin vesivahinkoihin (patteriverkoston vuoto, vesiletkun katkeaminen, vesisäiliön kaatuminen jne.) tulee varautua:

- valistamalla työmaahenkilökuntaa veden ”vaarallisuudesta”, jotta he kukin osaltaan huolehtisivat, ettei heidän työsuorituksensa seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta
- varmistamalla painevesiverkoston liitokset ennen verkoston käyttöönottoa (tilapäiset liitosten avaukset pattereilla yms.)
- sulkemalla työmaankäyttövesijohdot yöksi ja viikonlopuiksi
- varmistamalla, että työmaalla on nopeasti saatavilla vesi-imuri
- varmistamalla kuivatuslaitteiden nopea saatavuus

2.2 Rakenteiden kuivatus

Kosteuden poistumiseen rakenteista vaikuttaa merkittävästi lämpötila ja rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. Ilman suhteellisen kosteuden (RH) tulee olla riittävän alhainen, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Betonirakenteiden kuivattamisen kannalta tavoitteena pidetään, että ilman RH olisi alle 50 %:a. Ilman suhteellisen kosteuden noustessa yli 70%:iin kuivuminen hidastuu merkittävästi ja kosteuden ollessa erittäin korkea rakenne ei kuivu vaan kostuu.

Lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa rakenteiden kuivumista. Sisäilman lämpötilaa nostamalla saadaan paitsi ympäröivän ilman RH laskemaan (jolloin sen kyky vastaanottaa kosteutta kasvaa), myös rakenteiden lämpötila nousemaan, jolloin niiden kosteutta siirtävä voima kasvaa. Lämpötilan noustessa kymmenellä asteella, betonin kosteutta siirtävä voima kasvaa 1,5-kertaiseksi. Tällöin kosteus poistuu rakenteesta huomattavasti nopeammin ja kuivuminen nopeutuu. Esimerkiksi betonin lämpötilan noustessa 10°C:sta 30°C:een, betonin kuivumisaika lyhenee puolella. Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan olisi hyvä olla vähintään 20°C ja RH 50%.

Siihen, millaiset olosuhteet rakenteen ympärille tulee luoda, jotta kuivumista tapahtuisi annetun aikataulun puitteissa vaikuttavat mm:

- miten paljon rakenteille on työmaa-aikataulussa varattu kuivumisaikaa
- miten paljon rakenteet mahdollisesti kastuvat
- millaiset ovat materiaalien kuivumisominaisuudet
- millaiset ovat rakenteen kuivumisominaisuudet (paljonko on haihtumispinta-alaa, mikä on rakenteen paksuus jne.)

Työmaan kuivatusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon vuodenajat. Rakennustyömaan sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa ulkoilman kosteussisältö (g/m³), sisäilman kosteustuotto (g/m³), sisäilman lämpötila ja ilmanvaihto. Ulkoilman suhteellinen kosteus (RH) ei muutu kovinkaan paljon vuoden eri kuukausina (keskimääräinen vaihteluväli 70-85%). Ulkoilman kosteussisältö (g/m³) sitä vastoin vaihtelee suuresti. Talvella, kun ulkoilman lämpötila on alimmillaan, ulkoilman kosteussisältö on pienimmillään ja kesällä lämpiminä aikoina suurimmillaan. Mitä lämpimämpää ilma

on sitä enemmän kosteutta (vesihöyryä) siihen mahtuu. Esimerkiksi +20°C ilmaan mahtuu vesihöyryä enintään 17,28 g/m³ ja -20°C:ssa ilmaan mahtuu enintään 0,89 g/m³. Maksimaalisen määrän (kyllästyskosteuden) ylittävä vesihöyry tiivistyy poistuen ilmasta vetenä, lumena, jäänä tai sumuna.

Talvella rakenteet saadaan parhaiten kuivatettua lämmittämällä sisäilmaa. Riittävä lämpö ajaa kosteutta pois rakenteista ja pitää sisäilman riittävän kuivana vastaanottamaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Talvella, kun rakenteet ovat pintakuivia, varsinaista tuuletusta kosteuden poistamiseksi ei tarvitse järjestää, sillä rakenteilla olevassa rakennuksessa on yleensä riittävästi aukoja kosteuden poiskulkeutumiselle. Aukkojen määrä tulee kuitenkin minimoida energiakulujen pienentämiseksi. Muuten osastoittain lämmitettävä tila tulee tehdä ilmatiiviiksi, ettei lämmin ilma pääse kulkeutumaan lämmittämättömiin tiloihin, sillä kosteus voi tiivistyä uudestaan rakennuksen kylmiin pintoihin.

Loppusyksyllä ja keväällä rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Kesällä ja alkusyksystä ulkoilman kosteussisältö voi olla niin suuri, että kosteuden poistuminen sisäilmasta edellyttää ilmankuivaajien (kosteudenkerääjien) käyttöä. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää, että kuivatettava tila on tehty huolellisesti ilmatiiviiksi (ettei kerätä ulkoilman kosteutta vaan rakenteista vapautuvaa kosteutta). Ilmankuivaajat pitävät tarvittaessa ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden riittävän alhaisena, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista haihtuvaa kosteutta. Ne eivät kuitenkaan merkittävästi tehosta kosteuden siirtymistä syvemältä rakenteesta, vaan rakenteiden tehokas kuivuminen edellyttää ilmankuivaajia käytettäessäkin riittävää lämpöä ja ilman kiertoa ilman lämpökerrostumien estämiseksi.

Mikäli kuivatettavan tilan ikkuna-, ovi-, ym. aukoissa on tilapäiset suojat, joiden lämmöneristyskyky on alhainen, suojien kylmiin pintoihin voi tiivistyä kosteutta. Kosteuden tiivistymisriskiä voidaan pienentää parantamalla suojien lämmöneristyskykyä tai pienentämällä sisäilman kosteussisältöä entisestään ilmankuivaajilla. Myös hellejaksojen aikana kosteus voi helposti tiivistyä ilmaa kylmempien rakenteiden pintoihin (kesäkondeksi).

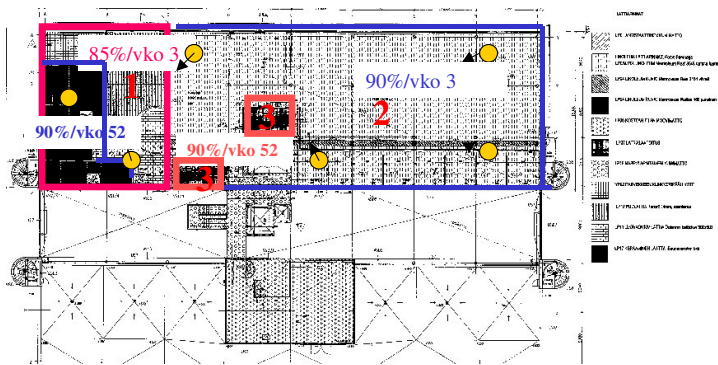
Rakennuksen kuivatuksen suunnittelu- ja toteutusperiaatteita ovat:

- ennen kuivatuksen aloittamista estetään lisäkosteuden pääsy kuivatettavaan tilaan
- poistetaan kuivatettavassa tilassa oleva irtovesi ja lumi mekaanisesti (imuroimalla, harjaamalla, lastaamalla, kolaamalla jne.)
- osastoidaan kuivatettava tila niin, ettei poistettava kosteus pääse siirtymään viereisiin, mahdollisesti kylmempiin, tiloihin ja tiivistymään kylmiin pintoihin
- varmistetaan ettei tilassa ole kylmiä pintoja, joihin kosteus voi tiivistyä
- pyritään saamaan kohteen lopullinen lämmitysjärjestelmä toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- mikäli kohteen oma lämmitysjärjestelmä ei ole käytettävissä tai sen lämmitysteho ei ole riittävä, käytetään lisälämmityslaitteita (esim. lämpöpuhaltimia)
- varmistetaan ennakoon lisälämmityslaitteiden saatavuus ja toimivuus kohteessa
- sovitaan LVIS-urakoitsijoiden kanssa mahdollisista kuivatuksen vaatimista erityistoimenpiteistä
- varmistetaan kosteuden hallittu poistuminen riittävällä ilmanvaihdolla
- mikäli kosteuden poistaminen edellyttää ilmankuivaajien (kosteudenkerääjien) käyttöä, varmistetaan kuivatettavan tilan tiiviys (ettei kerätä ulkoilman kosteutta)
- huomioidaan ulkoiset olosuhteet (vuodenajan vaikutus)
- suunnitellaan kriittisten rakenteiden työaikainen kuivatus ajoissa (esim. väestösuojankattorakenteen asennustilan työaikainen tuuletus)

Kosteudenhallintasuunnitelman rakenteiden kuivatusosuutta laadittaessa selvitetään

- tavoiteolosuhteet (ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus)
- ulkoilman olosuhteet kuivatusjakson aikana ja niiden vaikutus kuivumiseen
- rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntämismahdollisuus
- lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarve
- alueellisen kuivatussuunnitelman tarve.

Alueellinen kuivatussuunnitelma tehdään lähinnä kohteisiin, joissa on tiukka aikataulu ja riittävä kuivuminen edellyttää lisä lämmitys- ja kuivatuslaitteiden käyttöä. Suunnitelmassa määritetään mm.kuivatettavan tilan osastointi, tarvittavien laitteiden määrä, sijainti ja käyttöaika.



Alue 1: Vähintään 3 lämminilmapuhallinta. Lämmitys aloitettava viikolla 48. Tavoitteena saavuttaa 25-30°C sisäilman lämpötila ainakin 3 viikon ajaksi, minkä jälkeen lämpötila tulee saunaosaston kohdalla laskea 20°C:een. Edustustilojen lämmitystä tulee jatkaa viikolle 2 asti.

Alue 2: Vähintään 3 lämminilmapuhallinta. Lämmitys aloitettava viikolla 48. Tavoitteena yli 23°C sisäilman lämpötila ja noin 50 % sisäilman RH aina viikolle 2 asti.

Alue 3: Tehokuivatusalue: Kuivatus lämpömatoilla tai vastaavilla viikoilla 49-50.

Rakenteiden kuivumista seurataan kosteusmittauksin. Lähtötilannemittaus tehdään viikolla 48. Seuraavat mittaukset viikoilla 51 ja 2.

Kuva 3. Esimerkki kuivatussuunnitelman osasta.

4. Kosteusmittaussuunnitelma

Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään

- mitä mittauksia kohteessa tehdään
- mittausmenetelmä ja laitteisto
- mittauslaitteiden kalibroinnin varmistus
- mittaustyöntekijä
- mittausten aikataulu, laajuus ja tarvittavien mittauspisteiden sijainti.

Kosteudenhallintaan liittyviä mittauksia ovat sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset. Työmaan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittausten tulosten perusteella päätetään tapauskohtaisesti, tulee kohteen lämpötilaa nostaa vai laskea, tulee ko ilmanvaihtoa lisätä vai voidaanko sitä vähentää vai tarvitaanko sisäilman kosteuden alentamiseksi jopa ilmankuivaajia.

Sisäilmamittauksia voidaan tehdä joko kertaluonteisina kiertämällä työmaalla lämpötila- ja kosteusmittarin kanssa tai pidempikestoisesti mittalaitteella, jossa on tiedonkeruulaite.

Rakenteista tehtävien seurantamittausten avulla todetaan rakenteiden kuivumisen edistyminen suunnitellussa aikataulussa tai siihen liittyvät poikkeamat. Mikäli mittaustulokset osoittavat, että kuivuminen ei ole edennyt suunnitelmien mukaan, lisäkuivatustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä ajoissa ilman aikatauluviivytyksiä.



Kuva 4. Rakennekosteusmittausten kulku. Mittauksilla seurataan rakenteiden kuivumista ja varmistetaan riittävä kuivuminen.

Ensimmäinen rakennekosteusmittaus tulisi tehdä pian sen jälkeen, kun kohteeseen on saatu lämpö päälle, jolloin saadaan käsitys rakenteiden kosteus-tilasta ja kuivatustarpeesta. Seuraava mittaus tulisi tehdä vähintään 2 viikkoa ennen aiottua päällystystyön aloitusta ja viimeinen (yleensä kattavampi ja tarkempi) mittaus vähän ennen päällystystyötä.

Rakennekosteusmittaukset tehdään mittaamalla suhteellinen kosteus rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta materiaalinäytepalasta. Mittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla. Mittaustyö vaatii erityistä huolellisuutta ja ammattitaitoa. Mittalaitteiden tulee olla tehtävänsä soveltuvia ja kalibroituja. Mittaajalla tulee olla riittävät tiedot mittalaitteen toimintaperiaatteista ja siihen

vaikuttavista tekijöistä, mitattavan rakenteen toimivuudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksien vaikutuksesta mittaukseen. Mittaustyön tärkeyttä ei tule vähätellä, sillä mittaustuloksen perusteella tehdään taloudellisesti merkittäviä päätöksiä.

5. Kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta

Rakennustyömaalla kaikkien osapuolten tulee tiedostaa ja huolehtia vastualueeseensa kuuluvat kosteusteknisesti tärkeät seikat sekä ilmoittaa havaitsemistaan kosteusriskeistä ja -vaurioista välittömästi työmaan johdolle. Sopimusasiakirjoissa tulee sopia eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta.

Kosteudenhallinnan suorittamisesta, poikkeusolosuhteista, vesivahingoista, mittaustuloksista ja rakenteiden päällystämispäätöksistä dokumentoidaan tarkoituksenmukaisissa asiakirjoissa.

Lähteet

- [1] C2 Kosteus, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. 1998
- [2] RIL 107-1999. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.
- [3] SisäRYL 2000. Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy. 1998.
- [4] Betonilattiat 1997, BY 45/BLY7. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonilattiayhdistys r.y.
- [5] Merikallio T., Kosteuden hallinta rakennustyömaalla, Betonirunkoratkaisu. Humittest Oy. 1998.
- [6] KONE-RATU 07-3032. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Toukokuu 1996.
- [7] Björkholtz, D. Rakennusten kuivattamien. Suomen Rakennusteollisuusliitto r.y., Oy Dick Björkholtz Consulting Ab ja Rakentajain Kustannus Oy. 1990.

LIITE 3. Kosteudenhallintasuunnitelma esimerkki, 6 sivua

Liite on Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston sivuilta lomakkeet
<http://oulu.ouka.fi/rakennusvalvonta/lomakkeet/>

Liitteen käytölle on Oulun kaupungin rakennusvalvontaviraston lupa

Suunnitelma esimerkki on tehty 2001 ja se vaatisi joltain osin jo päivittämistä

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kohde: **As Oy Esimerkki**

Työnumero:

Suunnitelman
laatijan yhteystiedot:

Työmaan yhteyshenkilö:

1. KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS		
<i>Kohta</i>	<i>Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet</i>	<i>Käyty läpi Päivämäärä ja kuittaus</i>
1.1 Salaojat	<p>Huolehditaan, että salaojaputkien asennus on suunnitelmien mukainen. Laaditaan tarkekuvat.</p> <p>Salaojituseros tehdään maa-aineksesta, joka läpäisee vettä ja jossa veden kapillaarinen nousu on vähäistä. Anturan läheisyydessä sekä maanvaraisen laatan alle tulee kapillaarisen vedennousun katkaisevaa maa-ainesta, esim. sepeli 6-30 mm.</p> <p>Salaojaputkea ympäröivän salaojituseroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. Kellarin seinää vasten olevan kerroksen tulee olla vähintään 0,2 m.</p> <p>Tarkastuskaivot puhdistetaan ennen rakennustöiden loppukatselmusta. Salaojaputkien toiminta tarkistetaan ja putkistot puhdistetaan juokuttamalla niiden läpi vettä niin kauan, että vesi tulee ulos kirkkaana.</p>	<p><i>Korot työmaalla tarkastettu. +</i></p> <p><i>Maa-aineksen laatu tarkastettu +</i></p> <p><i>Salaojituseroksen paksuus tarkastettu +</i></p> <p><i>Tarkastus ja puhdistus tehty+</i></p>
1.2 Perustusrakenteet ja maanpaineseinät	<p>Maata vasten olevien seinien ulkopintaan tulee vedeneriste (kumibitumimatto). Vedeneristystyössä kiinnitetään erityistä huomiota saumakohtien tiiviyteen ja koko eristeen eheyteen. Vedeneristeen mekaanista rasitusta vähennetään suojaamalla seinärakenne vedeneristuksen jälkeen patolevyllä (levyä ei saa kuitenkaan kiinnittää vedeneristeen läpi).</p> <p>Anturan ja perustusrakenteiden välissä tulee olla kapillaarikatko (esim bitumisively) erityisesti, jos salaojaputken ja kapillaarisen vedennousun katkaisevan maa-aineksen sijoittamien anturan alapuolelle ei käytännössä toteudu. Jos anturan alle ei tule salaojituserosta, anturan läpi tulee tehdä poikkisuunnassa reikiä, jotta vesi rakennuksen alta pääsee virtaamaan salaojaputkiin.</p> <p>Kellarin seinärakenteen ja sokkeleiden <u>vedenpoiston tulee toimia myös rakennuksen käytönaikana</u> (ei saa tukkia esim vedeneristystyössä). Vedenpoistoreikien eteen asennetaan yhtenäinen patolevy, ettei painevesi pääse tunkeutumaan reikiä pitkin seinään. Veden pääsyn estämiseen elementtien eristetilaan tulee myös työaikana kiinnittää erityistä huomiota (sääsuojaus). Myös esitilan tuuletuksen tulee toimia (ei saa täyttyä työaikana)</p> <p>Seinien sisäpintoihin suositellaan hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja. (poikeus pesuhuoneen vedeneritys)</p> <p>Rakennekosteuden tulee poistua riittävästi ennen seinien päällystämistä tai pinnoittamista.</p>	<p><i>Vedeneristeen tiiviys tarkastettu+</i></p> <p><i>Veden kapillaarinen nousu perustusrakenteisiin estetty+</i></p> <p><i>Seinärakenteen vedenpoisto varmistettu+</i></p> <p><i>Vedenpääsy seinärakenteeseen minimoitu+</i></p> <p><i>Rakenteiden kosteusrajarvot selvitetty +</i></p>
1.3 Alapohjat	Maanvaraisen laatan alla tulee olla vähintään 200 mm kapillaarisen vedennousun katkaisevaa <u>sepeliä</u> (6-30 mm). Laatan alla tulee lisäksi olla kauttaaltaan lämmöneriste. Laatan alla menevät mahdolliset putket tulee eristää niin, etteivät ne	<i>Maanvaraisen laatan kosteustekninen toimivuus varmistettu+</i>

	<p>lämmittä maaperää.</p> <p>Laattaa ei saa valaa kiinni seinärakenteeseen. Rakennetta ei suositella päällystettävän tiiviillä kosteusherkällä materiaalilla. Rakennekosteuden on poistuttava riittävästi ennen lattian päällystämistä. Koska lattiaan tulee lattialämmitysputkia, kosteusmittauspisteet tulee merkitä etukäteen.</p> <p>Ryömintätilan maanpinnan muotoillaan salaojiin päin ja varmistetaan ettei tilaan jää vettä kerääviä painanteita. Maaperän kosteustuottoa ryömintätilaan rajoitetaan sepelikerroksella (200 mm).</p> <p><u>Ryömintätilassa tulee olla tuuletus</u> (optimi ilmanvaihto 1..2 l/h).</p> <p>Ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan. (korkeus vähintään 0,8m)</p> <p>Ryömintätilassa ei saa olla rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainetta</p>	<p><i>Maanvaraisen lattiarakenteen kuivattaminen huomioitu (kohta 2) +</i></p> <p><i>Ryömintätilan maanpinnan laatu tarkastettu +</i></p> <p><i>Ryömintätilan tuuletuksen toimivuus tarkistettu+</i></p> <p><i>Ryömintätilassa ei orgaanista jätettä. +</i></p>
1.4 Julkisivut	<p>Veden pääsyn estämiseksi rakenteisiin, betoniulkoseinien saumaustyöhön ja liitosrakenteisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p> <p>Työaikaisen kastumisen estämiseksi seinärakenteet tulee suojata kuljetuksen ja asennuksen aikana. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kevyiden seinien sääsuojaamiseen asennusaikana.</p> <p>Varmistetaan, että betoniulkoseinän ja tiiliseinän liittymässä on kauttaaltaan vedenpoistohuopa.</p> <p>Tiilimuuratuissa seinissä huolehditaan, ettei muurauslaasti tuki tiilimuurauksen takana olevaa tuuletusrakoa sekä varmistetaan, että kahdella alimmalla tiilirivillä joka kolmas pystysauma on auki.</p> <p>Kevyissä ulkoseinissä huolehditaan, että höyrysulku on tiivis ja mahdollisesti vaurioituneet (esim kastumisen seurauksena) kipsilevyt korvataan uusilla.</p> <p>Tuulensuojavillalevyt asennetaan tiiviisti ja limitetään kerroksittain.</p> <p>Julkisivun seinien ja ikkunoiden yksityiskohdissa (vesipellitysten kaltevuus, kittaukset jne) tulee olla erityisen huolellinen, ettei viistosade pääse tunkeutumaan rakenteisiin.</p>	<p><i>Saumat ja liitokset tarkistettu. +</i></p> <p><i>Kevyiden seinien kastumisriski huomioitu +</i></p> <p><i>Julkisivun tuuletusrako suunnitelmien mukainen, ei laastipurseita. +</i></p>

1.5 Yläpohja ja vesikatto	<p>Tarkastetaan, että höyrynsulkumuovi on ehjä.</p> <p>Mineraalivillalevyt tulee asentaa tiiviisti ja limittää kerroksittain. Lämmöneriste ei saa kastua.</p> <p>Vesikattotöitä ei tule tehdä sateessa. Keskenkäiset rakenteet tulee suojata kastumiselta.</p>	<i>Yläpohja tarkistettu. +</i>
1.6 Välipohjat	<p>Välipohjarakenne asuinhuoneiden puolella: 200 mm ontelolaatta + 50 mm styrox + 50 mm pintabetonilaatta. Ontelolaataston tulee kuivua alle 90%RH:een ja pintojen tulee olla puhtaat ennen styroxin asennusta. Rakennekosteuden tulee poistua riittävästi (ks.raja-arvot) ennen pintamateriaalin asennusta.. Rakenteen kuivattamisesta tarkemmin kohdassa 2.</p> <p>Kosteiden tilojen kohdalla kallistusvalu (60-110mm) tehdään suoraan ontelolaatan päälle normaalibetonista. Rakenteeseen tulee lattialämmitys Rakenteen tulee kuivua vedeneristeen edellyttämän RH arvon alapuolelle ennen vedeneristeen levitystä. Kosteusmittauskohdat merkitään ennen pintavalua Rakenteen kuivattamisesta tarkemmin kohdassa 2.</p> <p>Väestösuojan katto kosteusteknisesti kriittinen. Runkolaatan pintaosien tulee olla kuivat ja puhtaat ennen kevytsorakerroksen asennusta. Kevytsorakerrokseen ei saa päästä vettä. Kerrokseen asennetaan salaojaputkista työmaa-aikainen kuivatus.</p>	<p><i>Ontelolaatan kosteus alle 90%Rh ennen ääneneristyslattian tekoa. +</i></p> <p><i>Pintabetonin kosteus alle 85 % ennen parketin asennusta. +</i></p> <p><i>Betonin kosteus alle 90 % ennen vedeneristemassan asennusta. +</i></p> <p><i>Vss katon kevytsorakerroksen kuivatustarve huomioitu . +</i></p>
1.7 Märkätilat	<p>Seiniin ja lattioihin tulee siveltävä vedeneriste ja keraamiset laatat. Varmistetaan vedeneristeen pitkäaikaiskestävyys ja hyväksyntä. Ennen vedeneristeen asennusta betonin tulee kuivua vedeneristemateriaalin edellyttämän RH arvon alapuolelle (90%). Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta. Lämpö suljetaan ennen asennusta ja asennuksen jälkeen kytketään uudelleen päälle lisäten lämpöä vähitellen.</p> <p>Varmistetaan että lattioiden kallistukset ovat vähintään 1:100, lattiakaivon läheisyydessä 1:50. Vedeneristeen ja lattiakaivon yhteensopivuus tulee varmistaa. Lattiakaivon korokerenkaiden rakenteeseen ja liitoksen tiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p> <p>Rakenteiden nurkat, kulmat ja läpiviennit vahvistetaan ja tiivistetään hyväksytyllä vedeneristysvahvistuksella ja massalla.</p> <p>Keraamisten laattojen kiinnittämiseen tulee käyttää muodonmuutoskykyistä laastia. Laattojen nurkkasaumoihin sekä seinä- ja lattialaatoituksen välisiin saumoihin käytetään saniteettisilokonia.</p> <p>Vedeneristystyön suorittamiseen kiinnitetään erityistä huomiota (pätevä työntekijä)</p> <p>Varmistetaan, että suihkun läheisyydessä on poistoilmaventtiili ja että kylpyhuoneeseen saadaan korvausilmaa.</p>	<p><i>Aineiden yhteensopivuus varmistettu. +</i></p>
1.8 Parvekkeet	<p>Parvekkeiden työaikaiseen veden poistoon kiinnitetään erityistä huomiota, ettei vettä pääse kulkeutumaan seinärakenteisiin.</p> <p>Lopullisen vedenpoistojärjestelmän toimivuus tulee varmistaa</p>	
1.9 Pinta-vesien ohjaaminen ja kuivatusjärjestelmät	<p>Varmistetaan, että pintavedet ja kattovedet ohjautuvat pois rakennuksen vierustoilta <u>eikä niitä ohjata salaojaverkostoon</u> ja että rakennuksen seinustoilla on <u>vettä pidättävä seinästä pois päin</u> kalteva kerros.</p>	

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAICA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällyste- materiaali	Tavoite- Kosteus RH (%)	Kuivumisaica-arviot ja toimenpiteet
AP1	Kosteat tilat	Vetonit ve- deneriste +keraamiset laatat	90%	<i>n. 70 mm paksu betonirakenne, alla styrox. Olosuhteet: 4 viikkoa kosteassa, ei kastu, sitten n.50%RH ja T 20°C. Normaali betoni K30 (v/c= 0,7), kuivuminen 90%RH:n noin 7 viikkoa, 85%:n RH:n noin 12 viikkoa. Nesteytetty kuitubetoni, jonka v/c =0,5 kuivuminen 90%RH arviolta 4 viikkoa ja 85%:n RH:n noin 7 viikkoa, => lattiarakenteilla on aikataulun puitteissa hyvät mahdollisuudet kuivua tavoitekosteuteen, kun huolehditaan, että kohteessa on riittävästi lämpöä (n.20°C) ja riittävän alhainen sisäilman RH (n.50 %). Lattialämmityksen mahdollisimman varhaisella käyttöön otolla edistetään kuivumista. Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta betonin asianmukaisen jälkihoidon jälkeen.</i>
VP1	Asuinhuoneet	Kelluva lauta- parketti	Runko 90%, pintalaatta 85%	<i>Ontelolaatan RH:n tulee olla alle 90% (3 cm syvyydeltä mitattuna) ja pintojen tulee olla puhtaat ennen äänieristyslattian tekoa. Kosteustason saavuttaminen aikataulun mukaisesti edellyttää, että ennen viikkoa 30 laatalla mahdollisesti oleva vapaa vesi poistetaan ja lisäveden pääsy estetään sekä että kuivatusajaksi kohteeseen saadaan riittävä lämpö (n.18°C) ja noin 50-60% RH..</i> <i>Mikäli runkolaatta täyttää edellä mainitut ehdot, pintalaatan kuivumisessa tavoitekosteuteen ei pitäisi tulla aikatauluongelmia.</i>
AP4	Vss	Betoni + maali	pintakuiva	<i>200 mm paksun maanvaraisen laatan kuivuminen K30 betonista valettaessa ja olosuhteiden ollessa 50%RH ja T 20°C (ei kastumista) kestää 90%:n RH noin 20 viikkoa ja 85%RH:n yli 30 viikkoa. Rakennetta ei suositella päällystettäväksi kosteusherkällä materiaalilla.</i>

3. OLOSUHDEHALLINTA		
3.1 Kastumisen estäminen / suojaukset		
<i>Osa-alue</i>	<i>Työmaalla huomioitavat vaatimukset sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet</i>	<i>Vastuuhenkilö/kuittaus</i>
Rungon suojaaminen kastumiselta	Elementtien saumavalut tehdään mahdollisimman pian tiiviiksi Tiivistetään yläpuolisen holvin aukot	
Materiaalinen kastumisen estäminen	Sovitaan toimitusten oikea-aikaisuus. Edellytetään kuljetuksen aikaista suojasta. Suunnitellaan varastointipaikat ja menetelmät ajoissa. Noudatetaan valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen.	
Keskeneräisten rakenteiden suojaus	Suojataan keskeneräiset rakenteet kastumiselta. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kevyiden ulkoseiniin suojaamiseen.	
Vesivahingot	Vesivahingon sattuessa rakenteisiin päässyt vesi poistetaan välittömästi. Työmaalle hankitaan vesi-imuri. Varmistetaan kuivatuslaitteiden nopea saatavuus. Esim askeläänieristettyjen lattioiden eristetilaan päässeeseen veden poistaminen edellyttää yleensä koneellista kuivausta (imu-puhallus) Valistetaan työmaahenkilökuntaa ja aliurakoitsijoita veden ”vaarallisuudesta”, jotta he kukin osaltaan huolehtisivat, ettei heidän työsuorituksensa seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta (esim timanttikoraukset).	

3.2 Rakenteiden kuivatus		
<i>Osa-alue</i>	<i>Työmaalla huomioitavat vaatimukset ja reunaehdot sekä sovitut ratkaisut ja toimenpiteet</i>	<i>Vastuuhenkilö/kuittaus</i>
Tavoiteolosuhde (sisäilman T ja RH)	Kun rakennuksen vaippa on tiivis, pyritään saamaan huonetiloihin noin + 20°C:n lämpötila ja alle 50% ilman suhteellinen kosteus	
Ulkoilman olosuhteiden vaikutus	Kuivatusjakso ajoittuu heinä-joulukuulle (rungon kuivatusjakso heinä-elokuulle). Ajanjakso alku on kuivattamisen kannalta hankalin, sillä juuri loppukesällä ja syksyllä ulkoilman kosteussisältö on suurimmillaan. Ulkoilman suuren kosteussisällön vuoksi sisäilman RH voi olla vaikea saada tavoitetasolle ilman erityistoimenpiteitä. Ulkoilman viilentyessä myös sen kosteussisältö pienenee, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus saadaan usein riittävän alhaiseksi huolehtimalla riittävästä lämmityksestä ja ilmanvaihdosta.	
Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen	Oma lämmitysjärjestelmä pyritään saamaan toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Sovitaan asiasta LVI-urakoitsijan kanssa.	
Lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarpeen määrittäminen	Kohteessa tulee mittauksin seurata sisäilman RH:ta ja lämpötilaan. Mikäli tavoitetasoa ei saavuteta normaali toimenpiteillä, käytetään tarvittaessa lisälämmitys- ja kuivatuslaitteita. Lisälämmitystarvetta voi olla myös kesällä. Ilman kiertoa voidaan lisätä erilaisilla puhaltimilla. Ilman kuivaustarvetta voi esiintyä erityisesti 1. kerroksessa (kylpyhuoneissa). <u>Ilmankuivaajia käytettäessä on ehdottoman tärkeää huolehtia, että kuivatettava tila on tiivistetty huolellisesti</u> (ettei kerätä kosteutta ulkoa). Kuivaajien käyttötarve määritetään sisäilman kosteusmittaustulosten perusteella (jos RH: ta ei muuten saada lähelle tavoitetta)	
Kuivatussuunnitelma	Kohteeseen ei tarvita erillistä alueellista kuivatussuunnitelmaa. Kuivatustoimenpiteistä päätetään tapauskohtaisesti kosteusmittaustulosten perusteella.	

4. KOSTEUSMITTAUSSUUNNITELMA		
Toimenpide		Vastuunhenkilö/kuittaus
Suoritettavat mittaukset	<p>Sisäilman suhteellinen kosteus RH(%) ja lämpötila tavoiteltavien kuivumisolosuhteiden saavuttamisen varmistamiseksi.</p> <p>Ontelolaattojen kosteus ennen ääneneristyslattian tekoa.</p> <p>Kosteiden tilojen lattian kosteus noin 4 viikkoa ennen arvioitua vedeneristystyön aloitusta (seurantamittaus) sekä päällystettävyyssmittaus ennen vedeneristystyön aloitusta.</p> <p>Kosteiden tilojen betoniseinät ennen vedeneristystyön aloitusta.</p> <p>Ääneneristyslattian eristetilan ja pintalaatan kosteusmittaukset (seurantamittaukset ja päällystettävyyssmittaukset)</p> <p>Väestösuojan kattorakenteen kosteusmittaukset</p> <p>Mahdollisesti kastuneiden ulkoseinärakenteiden mittaukset.</p>	
Mittausmenetelmän ja laitteiston valinta	<p>Sisäilmamittaukset ja rakennekosteusmittaukset tehdään suhteellisen kosteuden mittaukseen tarkoitetuilla laitteilla.</p> <p>Päällystettävyyssmittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla.</p>	
Varmistetaan, että mittalaitteet on kalibroitu	Suhteellisen kosteuden mittalaitteilla tulee olla enintään kuuden kuukauden ikäinen todistus kalibroinnista	
Valitaan mittaustyöntekijä	Mittaajalla tulee olla riittävät tiedot mittalaitteiden toimintaperiaatteista ja niihin vaikuttavista tekijöistä, mitattavan rakenteen toimivuudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksien vaikutuksesta mittaukseen.	
Suunnitellaan mittausten laajuus ja ajankohta	Ensimmäinen rakennekosteusmittaus tehdään pian sen jälkeen kun kohteen vaippa on ummessa ja lämpöpäällä, jolloin saadaan käsitys rakenteiden kosteustilasta ja kuivatustarpeesta. Seuraava mittaus vähintään 2 viikkoa ennen aiottua päällystystyön aloitusta ja viimeinen (kattavampi) mittaus vähän ennen päällystystyötä	
Tulosten käsittely	<p>Mittautulosten perusteella todetaan rakenteiden riittävä kuivuminen. Varmistetaan, että päällystettävät betonirakenteiden kosteus alittaa päällystemateriaalien edellyttämän suhteellisen kosteuden arvon.</p> <p>Mittausraportit liitetään työmaa-asiakirjoihin. Mittausraporteissa tulee tulosten lisäksi olla tarkka mittausmenetelmäkuvaus (mittalaitteet, mittausajat, mittauspisteet jne.)</p>	

5. TAKUUNANTAJIEN HYVÄKSYNTÄ		
Takuunantaja	Toimenpide	Kuittaus
	Suunnitelmat ja ratkaisut käyty läpi ja hyväksytty	

©Humittest/TMe/21.9.2001

Kosteudenhallintasuunnitelman hyväksyntä

Päiväys ja paikkakunta

Vastaava mestari